(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5682437号
(P5682437)

(45)発行日　平成27年3月11日(2015.3.11)　(24)登録日　平成27年1月23日(2015.1.23)

(51)Int.Cl.		F I		
H01L 27/14	(2006.01)	H01L	27/14	D
G02B 5/30	(2006.01)	G02B	5/30	
G02B 27/28	(2006.01)	G02B	27/28	Z
G02B 27/26	(2006.01)	G02B	27/26	

請求項の数 23　(全 53 頁)

(21)出願番号　特願2011-100684(P2011-100684)
(22)出願日　平成23年4月28日(2011.4.28)
(65)公開番号　特開2012-80065(P2012-80065A)
(43)公開日　平成24年4月19日(2012.4.19)
審査請求日　平成26年4月14日(2014.4.14)
(31)優先権主張番号　特願2010-199926(P2010-199926)
(32)優先日　平成22年9月7日(2010.9.7)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000002185
ソニー株式会社
東京都港区港南１丁目７番１号
(74)代理人　100094363
弁理士　山本　孝久
(74)代理人　100118290
弁理士　吉井　正明
(74)代理人　100120640
弁理士　森　幸一
(72)発明者　小澤　謙
東京都港区港南１丁目７番１号　ソニー株式会社内
(72)発明者　大岡　豊
東京都港区港南１丁目７番１号　ソニー株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】固体撮像素子、固体撮像装置、撮像機器、及び、偏光素子の製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
（Ａ）光電変換素子、及び、
（Ｂ）光電変換素子の光入射側に設けられた偏光素子、
を備えた固体撮像素子を複数、有する固体撮像装置であって、
偏光方位が異なる２種類以上の偏光素子を備え、
各偏光素子は、光電変換素子側から、ストライプ状の反射層、反射層上に形成された絶縁層、及び、絶縁層上に形成された光吸収層から成る積層構造を有し、
光吸収層は、離間された状態で形成された複数の断片から成り、
ストライプ状の反射層の繰り返し方向における光吸収層の断片の幅及び形成ピッチは一定であり、ストライプ状の反射層の延びる方向における光吸収層の断片の長さ及び形成ピッチは一定である固体撮像装置。
【請求項２】
ストライプ状の反射層の延びる方向は、消光させるべき偏光方位と一致しており、
ストライプ状の反射層の繰り返し方向は、透過させるべき偏光方位と一致している請求項１に記載の固体撮像装置。
【請求項３】
ストライプ状の反射層の延びる方向における反射層の長さは、ストライプ状の反射層の延びる方向に沿った固体撮像素子の長さ未満である請求項１又は請求項２に記載の固体撮像装置。

【請求項４】
光電変換素子の上方にオンチップレンズが配置されており、
オンチップレンズの上方に偏光素子が設けられている請求項１乃至請求項３のいずれか１項に記載の固体撮像装置。
【請求項５】
偏光素子とオンチップレンズとの間の光軸方向の距離をＤ、オンチップレンズのサグ量をＳ、偏光素子とオンチップレンズとの間に存在する媒質の屈折率をn_1、隣接する偏光素子の間に存在する隙間の幅を２×Ｒ、偏光素子への光の入射角の最大値を$\theta_{in\text{-}max}$としたとき、
$R \geqq (D+S) \times \tan[\sin^{-1}\{\sin(\theta_{in\text{-}max})/n_1\}]$
を満足する請求項４に記載の固体撮像装置。
【請求項６】
オンチップレンズと偏光素子との間に位置する平面内の領域であって、隣接するオンチップレンズとオンチップレンズとの間に位置する領域には、遮光層が設けられている請求項４又は請求項５に記載の固体撮像装置。
【請求項７】
オンチップレンズと偏光素子との間には、オンチップレンズ側から、平坦化層及び無機材料から成る層間絶縁層が形成されている請求項４乃至請求項６のいずれか１項に記載の固体撮像装置。
【請求項８】
光電変換素子とオンチップレンズとの間に波長選択層が配置されている請求項４乃至請求項７のいずれか１項に記載の固体撮像装置。
【請求項９】
光電変換素子の上方にオンチップレンズが配置されており、
光電変換素子とオンチップレンズの間に偏光素子が設けられている請求項１乃至請求項３のいずれか１項に記載の固体撮像装置。
【請求項１０】
オンチップレンズと偏光素子との間に波長選択層が配置されている請求項９に記載の固体撮像装置。
【請求項１１】
ストライプ状の反射層の延びる方向における光吸収層を構成する断片の形成ピッチを$P_{ab\text{-}1}$、ストライプ状の反射層の延びる方向における光吸収層の断片の長さをL_{ab}としたとき、波長選択層を通過する光の波長に依存して$P_{ab\text{-}1}$及びL_{ab}を決定する請求項１０に記載の固体撮像装置。
【請求項１２】
ストライプ状の反射層の延びる方向における光吸収層の断片の形成ピッチを$P_{ab\text{-}1}$、ストライプ状の反射層の繰り返し方向における光吸収層の断片の形成ピッチを$P_{ab\text{-}2}$、偏光素子に入射する光の最短波長をλ_{min}、偏光素子に入射する光が通過する媒質の屈折率をn_0、偏光素子への光の入射角の最大値を$\theta_{in\text{-}max}$としたとき、
$(P_{ab\text{-}1}^2+P_{ab\text{-}2}^2)^{1/2} \leqq [(\lambda_{min}/n_0) \times \cos(\theta_{in\text{-}max})]$
を満足する請求項１乃至請求項１１のいずれか１項に記載の固体撮像装置。
【請求項１３】
ストライプ状の反射層の延びる方向における光吸収層の断片の形成ピッチを$P_{ab\text{-}1}$、長さをL_{ab}としたとき、
$0.5 \leqq (L_{ab}/P_{ab\text{-}1}) < 1$
を満足する請求項１乃至請求項１２のいずれか１項に記載の固体撮像装置。
【請求項１４】
ストライプ状の反射層の延びる方向は、複数の固体撮像素子の配列方向と４５度の角度又は１３５度の角度を成す請求項１乃至請求項１３のいずれか１項に記載の固体撮像装置。

【請求項１５】
反射層は、金属材料、合金材料若しくは半導体材料から成る請求項１乃至請求項１４のいずれか１項に記載の固体撮像装置。
【請求項１６】
光吸収層は、金属材料、合金材料若しくは半導体材料から成る請求項１乃至請求項１５のいずれか１項に記載の固体撮像装置。
【請求項１７】
偏光素子には保護膜が形成されている請求項１乃至請求項１６のいずれか１項に記載の固体撮像装置。
【請求項１８】
偏光素子は基体上に形成されており、
偏光素子と偏光素子との間に位置する基体の部分には保護膜が形成されていない請求項１７に記載の固体撮像装置。
【請求項１９】
請求項１乃至請求項１８に記載の固体撮像装置を備えた撮像機器。
【請求項２０】
基体上に形成されたストライプ状の反射層、反射層上に形成された絶縁層、及び、絶縁層上に離間された状態で形成された複数の断片から成る光吸収層の積層構造を有し、
ストライプ状の反射層の繰り返し方向における光吸収層の形成ピッチをP_{ab-2}、光吸収層の幅をW_{ab}、ストライプ状の反射層の延びる方向における光吸収層の断片の長さをL_{ab}とする偏光素子の製造方法であって、
（ａ）基体上に、反射層を構成すべき反射層形成層、絶縁層を構成すべき絶縁層形成層、光吸収層を構成すべき光吸収層形成層を設け、次いで、
（ｂ）光吸収層形成層をパターニングすることで、長さL_{ab}の光吸収層形成層を得た後、
（Ｃ）ストライプ状の光吸収層の繰り返し方向における形成ピッチが$2\times P_{ab-2}$、幅が（$P_{ab-2}-W_{ab}$）であるレジスト層を全面に形成した後、レジスト層の側壁における厚さがW_{ab}であるエッチングマスク層をレジスト層の側壁に形成し、次いで、
（ｃ）レジスト層を除去した後、エッチングマスク層をエッチング用マスクとして、光吸収層形成層、絶縁層形成層及び反射層形成層を順次エッチングし、以て、反射層、絶縁層及び光吸収層の積層構造から成る偏光素子を得る偏光素子の製造方法。
【請求項２１】
前記工程（ｃ）に引き続き、偏光素子の上及び基体の上に保護膜を形成する請求項２０に記載の偏光素子の製造方法。
【請求項２２】
偏光素子の上及び基体の上に保護膜を形成した後、基体の上の保護膜を除去する請求項２１に記載の偏光素子の製造方法。
【請求項２３】
（Ａ）光電変換素子、及び、
（Ｂ）光電変換素子の光入射側に設けられた偏光素子、
を備えた固体撮像素子であって、
偏光素子は、光電変換素子側から、ストライプ状の反射層、反射層上に形成された絶縁層、及び、絶縁層上に形成された光吸収層から成る積層構造を有し、
光吸収層は、離間された状態で形成された複数の断片から成り、
ストライプ状の反射層の繰り返し方向における光吸収層の断片の幅及び形成ピッチは一定であり、ストライプ状の反射層の延びる方向における光吸収層の断片の長さ及び形成ピッチは一定である固体撮像素子。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】

本発明は、固体撮像素子、固体撮像装置、撮像機器、及び、偏光素子の製造方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

微小な領域毎に偏光方位を変えて偏光素子を配置した光学素子、及び、このような光学素子をインテグレートした電子デバイスの商品化が、表示装置や計測装置を中心として進められており、例えば、表示装置用として、株式会社有沢製作所製のＸｐｏｌ（登録商標）が販売されている。

【０００３】

また、所定数の走査線の整数倍に相当する画素が撮像面に設けられた撮像手段と；被写体からの第１の映像光における水平成分だけを透過する第１の水平成分偏光手段と；第１の水平成分偏光手段とは所定距離だけ離隔された位置に配置され、被写体からの第２の映像光における垂直成分だけを透過する第１の垂直成分偏光手段とを備え；第１の水平成分偏光手段により透過した水平成分を撮像面における所定範囲の画素に集光させ；第１の垂直成分偏光手段によって透過された垂直成分を所定範囲を除く残余範囲の画素に集光させる撮像装置が、特開２００４－３０９８６８から周知である。そして、ＣＣＤの撮像面に対して所定距離だけ離れた位置に、人間の視差に応じた間隔だけ離間して配置された水平成分偏光フィルタ及び垂直成分偏光フィルタが、２つのレンズと共に設けられている。

【０００４】

更には、使用帯域の光に透明な基板と；基板上で一方向に延びた帯状薄膜が使用帯域の光の波長よりも小さいピッチで一次元格子状に配列された反射層と；反射層上に形成された誘電体層と；帯状薄膜に対応する位置であって誘電体層上に、無機微粒子が一次格子状に配列されて成り、光吸収作用を持つ無機微粒子層とを備えた偏光素子が、特開２００８－２１６９５６から周知である。係る偏光素子は、所謂、ワイヤグリッド型偏光子の技術を応用したものである。

【０００５】

また、ＣＣＤ素子（Charge Coupled Device：電荷結合素子）やＣＭＯＳ（Complementary Metal Oxide Semiconductor：相補性金属酸化膜半導体）イメージセンサーといった固体撮像素子の上に複数の偏光方位を有する偏光素子を配置することにより、同時刻における複数の偏光情報を空間分割して取得する技術が、例えば、第３４回光学シンポジウム（２００９年）　講演番号１６　「偏光イメージングのＳｉＣウェファ欠陥評価への応用」から周知である。具体的には、固体撮像素子への入射光をフォトニック結晶アレイによって４つの偏光方位の偏光成分に分解して、各偏光方位の強度を同時に出力することにより、従来は時分割処理であった偏光解析が空間分割処理で同時解析が可能となり、駆動部分を必要とせずに偏光イメージを出力することができる偏光カメラシステムが提案されている。しかしながら、フォトニック結晶アレイを固体撮像素子とは別に作製し、貼り合わせによって一体化するため、微細な画素サイズの撮像装置に適用することは困難である。

【０００６】

一般に、ワイヤグリッド型偏光子は、導体材料から成る１次元若しくは２次元の格子状構造を有する。図３５に概念図を示すように、ワイヤグリッドの形成ピッチP_0が入射する電磁波の波長よりも有意に小さい場合、ワイヤグリッドの延在方向に平行な平面で振動する電磁波は、選択的にワイヤグリッドにて反射・吸収される。そのため、図３５に示すように、ワイヤグリッド型偏光子に到達する電磁波には縦偏光成分と横偏光成分が含まれるが、ワイヤグリッド型偏光子を通過した電磁波は縦偏光成分が支配的な直線偏光となる。ここで、可視光波長帯に着目して考えた場合、ワイヤグリッドの形成ピッチP_0がワイヤグリッド型偏光子へ入射する電磁波の波長と同程度以下である場合、ワイヤグリッドの延在方向に平行な面に偏った偏光成分はワイヤグリッドの表面で反射若しくは吸収される。一方、ワイヤグリッドの延在方向に垂直な面に偏った偏光成分を有する電磁波がワイヤグリッドに入射すると、ワイヤグリッドの表面を伝播した電場がワイヤグリッドの裏面から入射波長と同じ波長、同じ偏光方位のまま透過する。以上の物理現象は公知の内容で、

例えば　新技術コミニュケーションズ社発行　鶴田著　「第３　光の鉛筆」２３章　グリッド偏光器　等の書籍などに詳細が記述されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００７】

【特許文献１】特開２００４－３０９８６８

【特許文献２】特開２００８－２１６９５６

【特許文献３】特公平６－０５４９９１号公報

【非特許文献】

【０００８】

【非特許文献１】第３４回光学シンポジウム　講演番号１６　「偏光イメージングのＳｉＣウェファ欠陥評価への応用」

【非特許文献２】新技術コミニュケーションズ社発行　鶴田著　「第３　光の鉛筆」２３章　グリッド偏光器

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００９】

ところで、特開２００４－３０９８６８に開示された撮像装置にあっては、水平成分偏光手段や垂直成分偏光手段が、具体的にどのような構成であるか、明示されていない。また、特開２００８－２１６９５６に開示された偏光素子にあっては、無機微粒子（無機微粒子層１４）は金属材料や半導体材料から構成され、無機微粒子は、形状異方性を有し、斜めスパッタ成膜法に基づき形成される。そのため、固体撮像素子毎に異なる形状異方性を有する無機微粒子を形成することは極めて困難である。それ故、特開２００８－２１６９５６に開示された偏光素子を非特許文献１に開示された技術に適用することも、極めて困難である。

【００１０】

従って、本発明の目的は、ワイヤグリッド型偏光子（Wire Grid Polarizer, ＷＧＰ）技術に基づく、偏光方位が異なる２種類以上であって、構成、構造が簡素な偏光素子を備えた固体撮像装置、係る固体撮像装置を用いた撮像機器、係る固体撮像装置を構成する固体撮像素子、及び、係る固体撮像装置に用いられる偏光素子の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【００１１】

上記の目的を達成するための本発明の固体撮像素子は、

（Ａ）光電変換素子、及び、

（Ｂ）光電変換素子の光入射側に設けられた偏光素子、

を備えており、

偏光素子は、光電変換素子側から、ストライプ状の反射層、反射層上に形成された絶縁層、及び、絶縁層上に離間された状態で形成された複数の断片（セグメント）から成る光吸収層の積層構造を有する。

【００１２】

上記の目的を達成するための本発明の固体撮像装置は、

（Ａ）光電変換素子、及び、

（Ｂ）光電変換素子の光入射側に設けられた偏光素子、

を備えた固体撮像素子を複数、有する固体撮像装置であって、

偏光方位が異なる２種類以上の偏光素子を備え、

各偏光素子は、光電変換素子側から、ストライプ状の反射層、反射層上に形成された絶縁層、及び、絶縁層上に離間された状態で形成された複数の断片（セグメント）から成る光吸収層の積層構造を有する。

【００１３】

上記の目的を達成するための本発明の撮像機器は、本発明の固体撮像装置を備えており、具体的には、例えば、デジタルスチルカメラやビデオカメラ、カムコーダから構成されている。

【００１４】

上記の目的を達成するための本発明の偏光素子の製造方法は、

基体上に形成されたストライプ状の反射層、反射層上に形成された絶縁層、及び、絶縁層上に離間された状態で形成された複数の断片（セグメント）から成る光吸収層の積層構造を有し、

ストライプ状の反射層の繰り返し方向における光吸収層の形成ピッチをP_{ab-2}、光吸収層の幅をW_{ab}、ストライプ状の反射層の延びる方向における光吸収層の断片の長さをL_{ab}とする偏光素子の製造方法であって、

（ａ）基体上に、反射層を構成すべき反射層形成層、絶縁層を構成すべき絶縁層形成層、光吸収層を構成すべき光吸収層形成層を設け、次いで、

（ｂ）光吸収層形成層をパターニングすることで、長さL_{ab}の光吸収層形成層を得た後、

（Ｃ）ストライプ状の光吸収層の繰り返し方向における形成ピッチが$2\times P_{ab-2}$、幅が（$P_{ab-2}-W_{ab}$）であるレジスト層を全面に形成した後、レジスト層の側壁における厚さがW_{ab}であるエッチングマスク層をレジスト層の側壁に形成し、次いで、

（ｃ）レジスト層を除去した後、エッチングマスク層をエッチング用マスクとして、光吸収層形成層、絶縁層形成層及び反射層形成層を順次エッチングし、以て、反射層、絶縁層及び光吸収層の積層構造から成る偏光素子を得る。

【発明の効果】

【００１５】

ワイヤグリッド型偏光子の技術を応用した、本発明の固体撮像素子等における吸収型の偏光素子は、光電変換素子側から、ストライプ状の反射層、反射層上に形成された絶縁層、及び、絶縁層上に離間された状態で形成された複数の断片（セグメント）から成る光吸収層の積層構造を有するので、構成、構造が簡素であるにも拘わらず、所望の偏光方位を有し、優れた消光特性を有する偏光素子を提供することができる。しかも、光電変換素子の上方にオンチップで一体的に偏光素子が形成されているが故に、固体撮像素子の厚さを薄くすることができる。その結果、隣接する固体撮像素子への偏光光の混入（偏光クロストーク）を抑制することができるし、光吸収層を有する吸収型の偏光素子であるために、迷光、フレア、ゴースト等の発生を抑えることができる。また、本発明の固体撮像装置にあっては、偏光方位が異なる２種類以上の偏光素子を備えているので、固体撮像装置への入射光の偏光情報を空間的に分離する偏光分離機能を付与することができるし、偏光方位が異なる２種類以上の偏光素子を有する固体撮像素子を備えた固体撮像装置を容易に供給することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１６】

【図１】図１は、実施例１の固体撮像素子の模式的な一部断面図である。

【図２】図２は、実施例１の固体撮像素子の模式的な部分的平面図である。

【図３】図３は、実施例１の固体撮像素子の変形例の模式的な一部断面図である。

【図４】図４は、実施例１の偏光素子において、ストライプ状の反射層の延びる方向における反射層の長さL_{rf}と消光比を関係を示すグラフである。

【図５】図５は、実施例１の偏光素子において、ストライプ状の反射層の延びる方向における反射層の長さL_{rf}を２μｍとしたときの、ストライプ状の反射層の延びる方向における反射層を透過する光の各偏光成分の透過強度分布をシミュレーションした結果を示すグラフである。

【図６】図６は、遮光層の厚さを２０ｎｍ、幅を１００ｎｍとし、入射光の波長を５５０ｎｍとして、透過光強度分布をシミュレーションした結果を示すグラフである。

【図７】図７は、実施例１の偏光素子における偏光特性をシミュレーションした結果を示

すグラフである。
【図８】図８は、実施例４の固体撮像素子の模式的な一部断面図である。
【図９】図９の（Ａ）及び（Ｂ）は、実施例４の偏光素子において、$L_{ab}／P_{ab-1}$の値と平均反射率との関係を示すグラフである。
【図１０】図１０は、実施例４の偏光素子において、$L_{ab}／P_{ab-1}$の値と平均反射率との関係を示すグラフである。
【図１１】図１１の（Ａ）、（Ｂ）及び（Ｃ）は、それぞれ、実施例５の撮像機器の概念図、第１偏光手段及び第２偏光手段における偏光の状態を模式的に示す図である。
【図１２】図１２の（Ａ）及び（Ｂ）は、それぞれ、実施例５の撮像機器において、第１偏光手段における第１領域及び第２偏光手段における第３領域を通過し、撮像素子アレイに到達する光の概念図、及び、第１偏光手段における第２領域及び第２偏光手段における第４領域を通過し、撮像素子アレイに到達する光の概念図であり、図１２の（Ｃ）及び（Ｄ）は、図１２の（Ａ）及び（Ｂ）に示した光によって撮像素子アレイに結像した画像を模式的に示す図である。
【図１３】図１３は、実施例５の撮像機器におけるベイヤ配列を有する撮像素子アレイの概念図である。
【図１４】図１４は、固体撮像素子から得られた電気信号に対するデモザイク処理を行い、信号値を得る画像処理を説明するためのベイヤ配列を有する撮像素子アレイの概念図である。
【図１５】図１５の（Ａ）及び（Ｂ）は、それぞれ、実施例６の撮像機器に備えられた第１偏光手段及び第２偏光手段における偏光の状態を模式的に示す図である。
【図１６】図１６は、実施例６の撮像機器におけるベイヤ配列を有する撮像素子アレイの概念図である。
【図１７】図１７の（Ａ）～（Ｄ）は、実施例７の撮像機器に備えられた第１偏光手段の模式図である。
【図１８】図１８は、実施例８の撮像機器の概念図である。
【図１９】図１９の（Ａ）、（Ｂ）及び（Ｃ）は、それぞれ、実施例９の撮像機器の概念図、第１偏光手段及び第２偏光手段における偏光の状態を模式的に示す図である。
【図２０】図２０は、実施例１０の撮像機器におけるベイヤ配列を有する撮像素子アレイの概念図である。
【図２１】図２１は、実施例１０の撮像機器の変形例１におけるベイヤ配列を有する撮像素子アレイの概念図である。
【図２２】図２２は、実施例１０の撮像機器の変形例２におけるベイヤ配列を有する撮像素子アレイの概念図である。
【図２３】図２３は、実施例１０の撮像機器の変形例３におけるベイヤ配列を有する撮像素子アレイの概念図である。
【図２４】図２４は、実施例１０の撮像機器の変形例４におけるベイヤ配列を有する撮像素子アレイの概念図である。
【図２５】図２５の（Ａ）、（Ｂ）、（Ｃ）及び（Ｄ）は、それぞれ、実施例１１の固体撮像装置の概念図、四分の一波長板の概念図、第１偏光手段における偏光の状態を模式的に示す図、及び、偏光手段（第２偏光手段）における偏光の状態を模式的に示す図である。
【図２６】図２６の（Ａ）、（Ｂ）及び（Ｃ）は、それぞれ、実施例１１の固体撮像装置における四分の一波長板の概念図、第１偏光手段における偏光の状態を模式的に示す図、偏光手段（第２偏光手段）における偏光の状態を模式的に示す図であり、図２６の（Ｄ）及び（Ｅ）は、実施例１２の固体撮像装置における四分の一波長板の概念図である。
【図２７】図２７の（Ａ）及び（Ｂ）は、実施例１の偏光素子の製造方法を説明するための、基体等の模式的な一部端面図である。
【図２８】図２７の（Ａ）及び（Ｂ）は、図２７の（Ｂ）に引き続き、実施例１の偏光素子の製造方法を説明するための、基体等の模式的な一部端面図である。

【図２９】図２９の（Ａ）及び（Ｂ）は、図２８の（Ａ）及び（Ｂ）に引き続き、実施例１の偏光素子の製造方法を説明するための、基体等の模式的な一部端面図である。
【図３０】図３０の（Ａ）及び（Ｂ）は、図２９の（Ａ）及び（Ｂ）に引き続き、実施例１の偏光素子の製造方法を説明するための、基体等の模式的な一部端面図である。
【図３１】図３１の（Ａ）及び（Ｂ）は、図３０の（Ａ）及び（Ｂ）に引き続き、実施例１の偏光素子の製造方法を説明するための、基体等の模式的な一部端面図である。
【図３２】図３２の（Ａ）及び（Ｂ）は、図３１の（Ａ）及び（Ｂ）に引き続き、実施例１の偏光素子の製造方法を説明するための、基体等の模式的な一部端面図である。
【図３３】図３３の（Ａ）及び（Ｂ）は、実施例２及び実施例３の偏光素子の製造方法を説明するための、基体等の模式的な一部端面図である。
【図３４】図３４は、ストライプ状の反射層の延びる方向に沿って隣接する固体撮像素子間で反射層を離間させない状態の固体撮像素子の模式的な部分的平面図である。
【図３５】図３５は、ワイヤグリッド型偏光子を通過する光等を説明するための概念図である。
【発明を実施するための形態】
【００１７】
以下、図面を参照して、実施例に基づき本発明を説明するが、本発明は実施例に限定されるものではなく、実施例における種々の数値や材料は例示である。尚、説明は、以下の順序で行う。
１．本発明の固体撮像素子、本発明の固体撮像装置、撮像機器及び偏光素子の製造方法、全般に関する説明
２．実施例１（本発明の固体撮像素子、本発明の固体撮像装置、撮像機器及び偏光素子の製造方法）
３．実施例２（実施例１の偏光素子の製造方法の変形）
４．実施例３（実施例２の偏光素子の製造方法の変形）
５．実施例４（実施例１の変形）
６．実施例５（本発明の固体撮像装置の変形）
７．実施例６（実施例５の固体撮像装置の変形）
８．実施例７（実施例５の固体撮像装置の別の変形）
９．実施例８（実施例５の固体撮像装置の更に別の変形）
１０．実施例９（実施例５の固体撮像装置の更に別の変形）
１１．実施例１０（実施例５の固体撮像装置の更に別の変形）
１２．実施例１１（実施例５の固体撮像装置の更に別の変形）
１３．実施例１２（実施例１１の変形）、その他
【００１８】
［本発明の固体撮像素子、本発明の固体撮像装置、撮像機器及び偏光素子の製造方法、全般に関する説明］
本発明の固体撮像素子における偏光素子、本発明の固体撮像装置における偏光素子、本発明の撮像機器における偏光素子、あるいは、本発明の偏光素子の製造方法によって得られる偏光素子において、ストライプ状の反射層の延びる方向は、消光させるべき偏光方位と一致しており、ストライプ状の反射層の繰り返し方向は、透過させるべき偏光方位と一致している構成とすることができる。即ち、反射層は、ワイヤグリッド型偏光子としての機能を有し、偏光素子に入射した光の内、反射層の延びる方向と平行な方向に電界成分を有する偏光波（ＴＥ波／Ｓ波及びＴＭ波／Ｐ波のいずれか一方）を減衰させ、反射層の延びる方向と直交する方向（ストライプ状の反射層の繰り返し方向）に電界成分を有する偏光波（ＴＥ波／Ｓ波及びＴＭ波／Ｐ波のいずれか他方）を透過させる。即ち、反射層の延びる方向が偏光素子の光吸収軸となり、反射層の延びる方向と直交する方向が偏光素子の光透過軸となる。
【００１９】
上記の好ましい構成を含む本発明の固体撮像素子における偏光素子、本発明の固体撮像

装置における偏光素子、あるいは、上記の好ましい構成を含む本発明の撮像機器における偏光素子において、ストライプ状の反射層の延びる方向における反射層の長さ（L_{rf}）は、ストライプ状の反射層の延びる方向に沿った固体撮像素子の長さ（L_{id}）未満である形態とすることが好ましい。

【００２０】

そして、上記の好ましい構成、形態を含む本発明の固体撮像素子、上記の好ましい構成、形態を含む本発明の固体撮像装置における固体撮像素子、あるいは、上記の好ましい構成、形態を含む本発明の撮像機器における固体撮像素子にあっては、光電変換素子の上方にオンチップレンズが配置されており、オンチップレンズの上方に偏光素子が設けられている構成とすることができる。尚、係る構成を、便宜上、『本発明における固体撮像素子－Ａ』と呼ぶ場合がある。

【００２１】

そして、本発明における固体撮像素子－Ａにあっては、偏光素子とオンチップレンズとの間の光軸方向の距離をＤ、オンチップレンズのサグ量をＳ、偏光素子とオンチップレンズとの間に存在する媒質の屈折率をn_1、隣接する偏光素子の間に存在する隙間の幅を２×Ｒ、偏光素子への光の入射角の最大値を$\theta_{in\text{-}max}$としたとき、

$$R \geqq (D+S) \times \tan[\sin^{-1}\{\sin(\theta_{in\text{-}max})/n_1\}] \quad (1)$$

を満足する構成とすることができる。このように式（１）を満足することで、より具体的には、式（１）を満足するように「Ｒ」の値を設定することで、隣接する固体撮像素子への光の漏れ込み（偏光クロストーク）を防ぐことができる。更には、このような好ましい構成を含む本発明における固体撮像素子－Ａにあっては、オンチップレンズと偏光素子との間に位置する平面内の領域であって、隣接するオンチップレンズとオンチップレンズとの間に位置する領域には、例えば、クロム（Ｃｒ）や銅（Ｃｕ）、アルミニウム（Ａｌ）、タングステン（Ｗ）から成る遮光層が設けられている構成とすることができ、これによって、隣接する固体撮像素子への光の漏れ込み（偏光クロストーク）を、一層効果的に防ぐことができる。更には、これらの好ましい構成を含む本発明における固体撮像素子－Ａにあっては、オンチップレンズと偏光素子との間には、オンチップレンズ側から、例えば透明な樹脂（例えば、アクリル系樹脂）から成る平坦化層、及び、偏光素子製造工程においてプロセスの下地として機能するシリコン酸化膜等の無機材料から成る層間絶縁層が形成されている構成とすることができる。更には、これらの好ましい構成を含む本発明における固体撮像素子－Ａにあっては、光電変換素子とオンチップレンズとの間に波長選択層（具体的には、例えば、周知のカラーフィルタ層）が配置されている構成とすることができる。

【００２２】

あるいは又、上記の好ましい構成、形態を含む本発明の固体撮像素子、上記の好ましい構成、形態を含む本発明の固体撮像装置における固体撮像素子、あるいは、上記の好ましい構成、形態を含む本発明の撮像機器における固体撮像素子にあっては、光電変換素子の上方にオンチップレンズが配置されており、光電変換素子とオンチップレンズの間に偏光素子が設けられている構成とすることができる。尚、係る構成を、便宜上、『本発明における固体撮像素子－Ｂ』と呼ぶ場合がある。

【００２３】

そして、本発明における固体撮像素子－Ｂにあっては、オンチップレンズと偏光素子との間に波長選択層（具体的には、例えば、周知のカラーフィルタ層）が配置されている構成とすることができる。このような構成を採用することで、各偏光素子における透過光の波長帯域において独立して偏光素子の最適化を図ることができ、可視光域全域において一層の低反射率を実現することができる。更には、このような好ましい構成を含む本発明における固体撮像素子－Ｂにあっては、ストライプ状の反射層の延びる方向における光吸収層を構成する断片の（長手方向の）形成ピッチを$P_{ab\text{-}1}$、ストライプ状の反射層の延びる方向における光吸収層の断片の長さをL_{ab}としたとき、波長選択層を通過する光の波長に依存して$P_{ab\text{-}1}$及びL_{ab}を決定する構成とすることができ、これによって、固体撮像素子

に入射する光の波長範囲における偏光素子の低光反射構造化を達成することができる。

【００２４】

以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本発明の固体撮像素子における偏光素子、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本発明の固体撮像装置における偏光素子、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本発明の撮像機器における偏光素子、あるいは、上記の好ましい構成を含む本発明の偏光素子の製造方法によって得られる偏光素子においては、ストライプ状の反射層の延びる方向における光吸収層の断片の形成ピッチをP_{ab-1}、ストライプ状の反射層の繰り返し方向における光吸収層の断片の形成ピッチをP_{ab-2}、偏光素子に入射する光の最短波長をλ_{min}、偏光素子に入射する光が通過する媒質の屈折率をn_0、偏光素子への光の入射角の最大値をθ_{in-max}としたとき、

$$(P_{ab-1}{}^2+P_{ab-2}{}^2)^{1/2} \leqq [(\lambda_{min}/n_0)\times \cos(\theta_{in-max})] \quad (2)$$

を満足することが望ましい。このように（P_{ab-1}，P_{ab-2}）の値を規定することで、周期的に形成された光吸収層の断片からの回折光の発生を防ぐことができ、隣接する固体撮像素子への不要な光の漏れ込みを防ぐことができる。

【００２５】

更には、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本発明の固体撮像素子における偏光素子、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本発明の固体撮像装置における偏光素子、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本発明の撮像機器における偏光素子、あるいは、上記の好ましい構成を含む本発明の偏光素子の製造方法によって得られる偏光素子においては、ストライプ状の反射層の延びる方向における光吸収層の断片の形成ピッチをP_{ab-1}、長さをL_{ab}としたとき、

$$0.5 \leqq (L_{ab}/P_{ab-1}) < 1 \quad (3)$$

を満足することが好ましい。

【００２６】

更には、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本発明の固体撮像装置における固体撮像素子、あるいは、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本発明の撮像機器における固体撮像素子において、ストライプ状の反射層の延びる方向は、複数の固体撮像素子の配列方向と４５度の角度又は１３５度の角度を成す構成とすることができる。

【００２７】

更には、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本発明の固体撮像素子における偏光素子、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本発明の固体撮像装置における偏光素子、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本発明の撮像機器における偏光素子、あるいは、上記の好ましい構成を含む本発明の偏光素子の製造方法によって得られる偏光素子において、反射層は、金属材料、合金材料若しくは半導体材料から成る構成とすることができるし、光吸収層は、金属材料、合金材料若しくは半導体材料から成る構成とすることができる。

【００２８】

偏光素子を構成する金属材料や合金材料（以下、『金属材料等』と呼ぶ場合がある）が外気と接触すると、外気からの水分や有機物の付着によって金属材料等の腐食耐性が劣化し、固体撮像素子の長期信頼性が劣化する虞がある。特に、金属材料等－絶縁材料－金属材料等の積層構造体に水分が付着すると、水分中にはCO_2やO_2が溶解しているために電解液として作用し、２種類のメタル間の間で局部電池が形成される虞がある。そして、このような現象が生じると、カソード（正極）側では水素発生等の還元反応が進み、アノード（負極側）では酸化反応が進むことにより、金属材料等の異常析出や偏光素子の形状変化が発生する。そして、その結果、本来期待され偏光素子や固体撮像素子の性能が損なわれる虞がある。例えば、反射層としてアルミニウム（Ａｌ）を用いる場合、以下の反応式で示すようなアルミニウムの異常析出が発生する虞がある。

$$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$$

$$Al^{3+} + 3OH^- \rightarrow Al(OH)_3$$

【００２９】
従って、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本発明の固体撮像素子における偏光素子、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本発明の固体撮像装置における偏光素子、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本発明の撮像機器における偏光素子、あるいは、上記の好ましい構成を含む本発明の偏光素子の製造方法によって得られる偏光素子において、偏光素子には保護膜が形成されていることが好ましい。そして、この場合、偏光素子は基体上に形成されており、偏光素子と偏光素子との間に位置する基体の部分には保護膜が形成されていない形態とすることが、より好ましい。また、上記の好ましい構成を含む本発明の偏光素子の製造方法にあっては、前記工程（ｃ）に引き続き、偏光素子の上及び基体の上に保護膜を形成する形態を含むことができるし、この場合、更に、偏光素子の上及び基体の上に保護膜を形成した後、基体の上の保護膜を除去する形態を含むことができる。

【００３０】
以上に説明した各種のパラメータを、以下に纏めておく。ここで、ストライプ状の（即ち、ラインアンドスペース・パターンを有する）反射層の延びる方向を、便宜上、『第１の方向』と呼び、ストライプ状の反射層の繰り返し方向（ストライプ状の反射層の延びる方向と直交する方向）を、便宜上、『第２の方向』と呼ぶ。

【００３１】
L_{rf}　：第１の方向における反射層の長さ
P_{ab-1}：第１の方向における光吸収層の断片（セグメント）の形成ピッチ
P_{ab-2}：第２の方向における光吸収層の断片（セグメント）の形成ピッチ
L_{ab}　：第１の方向における光吸収層の断片（セグメント）の長さ
W_{ab}　：第２の方向に沿った光吸収層の断片（セグメント）の幅
L_{id}　：第１の方向に沿った固体撮像素子の長さ
Ｄ　　：偏光素子とオンチップレンズとの間の距離
Ｓ　　：オンチップレンズのサグ量
Ｒ　　：隣接する偏光素子の間に存在する隙間の幅の半分の値
n_0　：偏光素子に入射する光が通過する媒質の屈折率
n_1　：偏光素子とオンチップレンズとの間に存在する媒質の屈折率
λ_{min}　：偏光素子に入射する光の最短波長
θ_{in-max}：入射光のＮＡを含めた、偏光素子への入射光の入射角の最大値

【００３２】
光吸収層の断片は、長辺が第１の方向と平行であり、短辺が第２の方向と平行である、即ち、
$1 < L_{ab}/W_{ab}$　　（４）
好ましくは、
$2 \leqq L_{ab}/W_{ab} \leqq 7$　　（４’）
である、平面形状が長方形の島状（即ち、長方形のアイランド・パターンを有する）の層であり、光学異方性を有する。即ち、長方形の長辺の延びる方向が偏光素子の光吸収軸となり、短辺の延びる方向が偏光素子の光透過軸となる。ところで、可視光域の波長に対して吸収効果を有する光吸収層の断片の適切なアスペクト比（L_{ab}/W_{ab}）は、入射光の波長に依存しており、単純なレイリー近似値を用いて求めることができる。例えば、光吸収層の断片のアスペクト比が約５：１である場合、約５００ｎｍの波長で最大の消光比と低反射率が得られる。従って、可視光域では、比較的大きなアスペクト比で吸収効率が高くなるので、式（４）を、好ましくは式（４’）を満たすことが望ましい。光吸収層の厚さとして、1×10^{-8}ｍ乃至1.0×10^{-7}ｍを例示することができる。また、第２の方向における光吸収層の形成ピッチP_{ab-2}と、第２の方向に沿った光吸収層の幅W_{ab}との関係として、
$0.1 \leqq W_{ab}/P_{ab-2} \leqq 0.9$
好ましくは、

$0.2 \leqq W_{ab} / P_{ab-2} \leqq 0.7$

といった関係を例示することができる。反射層の厚さとして、０．０１μｍ乃至１μｍを例示することができる。１つの光電変換素子に対応する偏光素子におけるストライプ状の反射層の数として、２０本以上を例示することができる。本発明の固体撮像装置あるいは本発明の撮像機器にあっては、偏光方位が異なる２種類以上の偏光素子を備えているが、具体的には、隣接する固体撮像素子においては、例えば、透過軸が直交している構成とすることが好ましい。

【００３３】

ワイヤグリッド型偏光子として機能する反射層（反射層形成層）を構成する無機材料として、アルミニウム（Ａｌ）、銀（Ａｇ）、金（Ａｕ）、銅（Ｃｕ）、白金（Ｐｔ）、モリブデン（Ｍｏ）、クロム（Ｃｒ）、チタン（Ｔｉ）、ニッケル（Ｎｉ）、タングステン（Ｗ）、鉄（Ｆｅ）、シリコン（Ｓｉ）、ゲルマニウム（Ｇｅ）、テルル（Ｔｅ）等の金属材料や、これらの金属を含む合金材料、半導体材料を挙げることができるし、あるいは又、例えば着色等により表面の反射率を高くした無機材料層や樹脂層から反射層を構成することもできる。

【００３４】

また、光吸収層（光吸収層形成層）を構成する材料として、消衰係数ｋが零でない、即ち、光吸収作用を有する金属材料や合金材料、半導体材料、具体的には、アルミニウム（Ａｌ）、銀（Ａｇ）、金（Ａｕ）、銅（Ｃｕ）、モリブデン（Ｍｏ）、クロム（Ｃｒ）、チタン（Ｔｉ）、ニッケル（Ｎｉ）、タングステン（Ｗ）、鉄（Ｆｅ）、シリコン（Ｓｉ）、ゲルマニウム（Ｇｅ）、テルル（Ｔｅ）、錫（Ｓｎ）等の金属材料や、これらの金属を含む合金材料、半導体材料を挙げることができる。また、$FeSi_2$（特にβ－$FeSi_2$）、$MgSi_2$、$NiSi_2$、$BaSi_2$、$CrSi_2$、$CoSi_2$等のシリサイド系材料を挙げることもできる。特に、光吸収層を構成する材料として、アルミニウム又はその合金、あるいは、β－$FeSi_2$や、ゲルマニウム、テルルを含む半導体材料を用いることで、可視光域で高コントラスト（高消光比）を得ることができる。尚、可視光以外の波長帯域、例えば赤外域に偏光特性を持たせるためには、光吸収層を構成する材料として、銀（Ａｇ）、銅（Ｃｕ）、金（Ａｕ）等を用いることが好ましい。これらの金属の共鳴波長が赤外域近辺にあるからである。

【００３５】

反射層形成層、光吸収層形成層は、各種化学的気相成長法（ＣＶＤ法）、塗布法、スパッタリング法や真空蒸着法を含む各種物理的気相成長法（ＰＶＤ法）、ゾル－ゲル法、メッキ法、ＭＯＣＶＤ法、ＭＢＥ法等の公知の方法に基づき形成することができる。また、反射層形成層、光吸収層形成層のパターニング法として、リソグラフィ技術とエッチング技術との組合せ（例えば、四フッ化炭素ガス、六フッ化硫黄ガス、トリフルオロメタンガス、二フッ化キセノンガス等を用いた異方性ドライエッチング技術や、物理的エッチング技術）、所謂リフトオフ技術を挙げることができる。また、リソグラフィ技術として、フォトリソグラフィ技術（高圧水銀灯のｇ線、ｉ線、ＫｒＦエキシマレーザ、ＡｒＦエキシマレーザ、ＥＵＶ等を光源として用いたリソグラフィ技術、及び、これらの液浸リソグラフィ技術、電子線リソグラフィ技術、Ｘ線リソグラフィ）を挙げることができる。あるいは又、フェムト秒レーザ等の極短時間パルスレーザによる微細加工技術や、ナノインプリント法に基づき、反射層や光吸収層を形成することもできる。

【００３６】

絶縁層（絶縁層形成層）や層間絶縁層を構成する材料として、入射光に対して透明であり、光吸収特性を有していない絶縁材料、具体的には、SiO_2、ＮＳＧ（ノンドープ・シリケート・ガラス）、ＢＰＳＧ（ホウ素・リン・シリケート・ガラス）、ＰＳＧ、ＢＳＧ、ＰｂＳＧ、ＡｓＳＧ、ＳｂＳＧ、ＳＯＧ（スピンオングラス）等のSiO_X系材料（シリコン系酸化膜を構成する材料）、ＳｉＮ、ＳｉＯＮ、ＳｉＯＣ、ＳｉＯＦ、ＳｉＣＮ、低誘電率絶縁材料（例えば、フルオロカーボン、シクロパーフルオロカーボンポリマー、ベンゾシクロブテン、環状フッ素樹脂、ポリテトラフルオロエチレン、アモルファステ

トラフルオロエチレン、ポリアリールエーテル、フッ化アリールエーテル、フッ化ポリイミド、有機ＳＯＧ、パリレン、フッ化フラーレン、アモルファスカーボン）、ポリイミド系樹脂、フッ素系樹脂、Ｓｉｌｋ（The Dow Chemical Co. の商標であり、塗布型低誘電率層間絶縁膜材料）、Ｆｌａｒｅ（Honeywell Electronic Materials Co. の商標であり、ポリアリルエーテル（ＰＡＥ)系材料）を挙げることができ、単独、あるいは、適宜、組み合わせて使用することができる。絶縁層形成層は、各種ＣＶＤ法、塗布法、スパッタリング法や真空蒸着法を含む各種ＰＶＤ法、スクリーン印刷法といった各種印刷法、ゾルーゲル法等の公知の方法に基づき形成することができる。絶縁層は、光吸収層の下地層として機能すると共に、光吸収層で反射された偏光光と、光吸収層を透過し、反射層で反射された偏光光の位相を調整し、干渉効果により反射率を低減する目的で形成される。従って、絶縁層は、１往復での位相が半波長分ずれるような厚さとすることが望ましい。但し、光吸収層は、光吸収効果を有するが故に、反射された光が吸収される。従って、絶縁層の厚さが、上述のように最適化されていなくても、消光比の向上を実現することができる。それ故、実用上、所望の偏光特性と実際の作製工程との兼ね合い基づき絶縁層の厚さを決定すればよく、例えば、1×10^{-9}m乃至1×10^{-7}m、より好ましくは、1×10^{-8}m乃至8×10^{-8}mを例示することができる。また、絶縁層の屈折率は、１．０より大きく、限定するものではないが、２．５以下とすることが好ましい。

【００３７】

カラーフィルタ層として、赤色、緑色、青色、シアン色、マゼンダ色、黄色等の特定波長を透過させるフィルタ層を挙げることができる。カラーフィルタ層を、顔料や染料等の有機化合物を用いた有機材料系のカラーフィルタ層から構成するだけでなく、フォトニック結晶や、プラズモンを応用した波長選択素子（導体薄膜に格子状の穴構造を設けた導体格子構造を有するカラーフィルタ層。例えば、特開２００８－１７７１９１参照）、アモルファスシリコン等の無機材料から成る薄膜から構成することもできる。

【００３８】

基体として、光電変換素子が形成されたシリコン半導体基板や、光電変換素子、オンチップレンズ等が形成されたシリコン半導体基板を挙げることができる。

【００３９】

本発明の固体撮像装置や撮像機器においては、１画素は複数の副画素から構成されている。そして、各副画素は１つの固体撮像素子を備えている。画素と副画素の関係については後述する。

【００４０】

以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本発明の固体撮像素子における偏光素子、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本発明の固体撮像装置における偏光素子、以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本発明の撮像機器における偏光素子、あるいは、上記の好ましい構成を含む本発明の偏光素子の製造方法によって得られる偏光素子（以下、これらを総称して、『本発明における偏光素子』と呼ぶ場合がある）にあっては、光吸収層から光が入射する。そして、偏光素子は、光の透過、反射、干渉、光学異方性による偏光波の選択的光吸収の４つの作用を利用することで、第１方向に平行な電界成分を有する偏光波（ＴＥ波／Ｓ波及びＴＭ波／Ｐ波のいずれか一方）を減衰させると共に、第２の方向に平行な電界成分を有する偏光波（ＴＥ波／Ｓ波及びＴＭ波／Ｐ波のいずれか他方）を透過させる。即ち、一方の偏光波（例えば、ＴＥ波）は、形状異方性を有する光吸収層の断片の光学異方性による偏光波の選択的光吸収作用によって減衰される。ストライプ状の反射層はワイヤグリッド型偏光子として機能し、光吸収層及び絶縁層を透過した一方の偏光波（例えば、ＴＥ波）を反射する。このとき、光吸収層を透過し、反射層で反射された一方の偏光波（例えば、ＴＥ波）の位相が半波長分ずれるように絶縁層を構成すれば、反射層で反射された一方の偏光波（例えば、ＴＥ波）は、光吸収層で反射された一方の偏光波（例えば、ＴＥ波）との干渉により打ち消し合って減衰される。以上のようにして、一方の偏光波（例えば、ＴＥ波）を選択的に減衰させることができる。但し、上述したように、絶縁層の厚さが最適化されていなくても、コントラストの向上を実

現することができる。それ故、上述したように、実用上、所望の偏光特性と実際の作製工程との兼ね合い基づき、絶縁層の厚さを決定すればよい。

【００４１】

前述したとおり、本発明における偏光素子に（具体的には、少なくとも偏光素子の側面に、即ち、偏光素子の側面に、又は、偏光素子の側面及び頂面に）保護膜を形成してもよい。保護膜の厚さは、偏光特性に影響を与えない範囲の厚さとすればよい。但し、光吸収層を構成する断片の光学的特性は周囲の屈折率によっても影響を受けるため、保護膜の形成により偏光特性の変化が生じる場合がある。また、入射光に対する反射率は保護膜の光学厚さ（屈折率×保護膜の膜厚）によっても変化するので、保護膜の材料と厚さは、これらを考慮して決定すればよく、厚さとして、１５ｎｍ以下を例示することができ、あるいは又は、隣接する偏光素子の間のスペース（偏光素子と偏光素子との間に位置する基体の部分）の長さ（距離）の１／４以下を例示することができる。保護膜を構成する材料として、屈折率が２以下、消衰係数が零に近い材料が望ましく、ＴＥＯＳ－SiO_2を含むSiO_2、ＳｉＯＮ、ＳｉＮ、ＳｉＣ、ＳｉＯＣ、ＳｉＣＮ等の絶縁材料や、酸化アルミニウム（AlO_X）、酸化ハフニウム（HfO_x）、酸化ジルコニウム（ZrO_x）、酸化タンタル（TaO_x）等の金属酸化物を挙げることができる。あるいは又、パーフルオロデシルトリクロロシランやオクタデシルトリクロロシランを挙げることができる。保護膜を設けることで、偏光素子の耐湿性の向上等、信頼性を向上させることができる。保護膜は、各種ＣＶＤ法、塗布法、スパッタリング法や真空蒸着法を含む各種ＰＶＤ法、ゾルーゲル法等の公知のプロセスによって形成することができるが、所謂単原子成長法（ＡＬＤ法、Atomic Layer Doposition 法）を採用することが、より好ましい。ＡＬＤ法を採用することで、薄い保護膜をコンフォーマルに偏光素子上に形成することができる。保護膜は、偏光素子の全面に形成してもよいが、偏光素子の側面にのみ形成し、偏光素子と偏光素子との間に位置する下地（基体）の上には形成しないことが一層好ましい。そして、このように、偏光素子を構成する金属材料等の露出した部分である側面を覆うように保護膜を形成することで、大気中の水分や有機物を遮断することができ、偏光素子を構成する金属材料等の腐食や異常析出といった問題の発生を確実に抑制することができる。そして、固体撮像素子の長期信頼性の向上を図ることが可能となり、より高い信頼性を有する偏光素子をオンチップで備える固体撮像素子の提供が可能となる。

【００４２】

本発明において光電変換素子として、ＣＣＤ素子、ＣＭＯＳイメージセンサー、ＣＩＳ（Contact Image Sensor）、ＣＭＤ（Charge Modulation Device）型の信号増幅型イメージセンサーを挙げることができる。また、固体撮像素子として、表面照射型の固体撮像素子あるいは裏面照射型の固体撮像素子を挙げることができる。以下、本発明の適用事例に当たる単眼視差立体カメラの構成について説明する。

【００４３】

ところで、従来、共通の被写体を左右に配置した２台のビデオカメラによって同時に撮像し、得られた２種類の画像（右眼用画像及び左眼用画像）を同時に出力することによって立体画像を表示するシステムが提案されている。しかしながら、このような２台のビデオカメラを用いた場合、装置が大型化してしまい、実用的ではない。また、２台のビデオカメラの間の基線長（ベースライン）、即ち、立体カメラとしての両眼間距離は、レンズのズーム比に拘わらず、人間の両眼の距離に相当する６５ｍｍ程度とされることが多い。そして、このような場合、ズームアップされた画像においては両眼視差が大きくなってしまい、観察者の視覚系に日常と異なる情報処理を強制することになり、視覚疲労の原因となる。また、移動する被写体を２台のビデオカメラで撮像することは、２台のビデオカメラの精密な同期制御を必要とし、非常に困難であるし、輻輳角の正確な制御もまた、非常に困難である。

【００４４】

立体撮影を行うためのレンズ系の調整を容易にするために、互いに直交関係となるように偏光させる偏光フィルタを組み合わせることによって、光学系を共通化させる立体撮影

装置が提案されている（例えば、特公平６－０５４９９１号公報参照）。また、２つのレンズと１つの撮像手段から構成された撮像機器で立体撮影を行う方式が、前述した特開２００４－３０９８６８に開示されている。

【００４５】

ところで、特公平６－０５４９９１号に開示された技術にあっては、２つの偏光フィルタの出力を重ねて光路を一系統とすることによって、レンズ系を共通化させている。しかしながら、後段で右眼用画像及び左眼用画像を抽出するために更に偏光フィルタを設け、光路自体を再度分けて別々の偏光フィルタに入光させなければならず、レンズ系において光の損失が発生し、また、装置の小型化が困難であるなどの問題がある。特開２００４－３０９８６８に開示された技術にあっては、レンズ及び偏光フィルタの組合せを２組、必要とし、装置の複雑化、大型化が免れない。

【００４６】

上述したとおり、本発明の撮像機器として、具体的には、例えば、デジタルスチルカメラやビデオカメラ、カムコーダを挙げることができるが、本発明の撮像機器を、１台の撮像装置によって被写体を立体画像として撮像し得る撮像装置（以下、『本発明における立体画像撮像装置』と呼ぶ）に適用することができる。

【００４７】

本発明における立体画像撮像装置は、

（Ａ）被写体からの光を偏光させる第１偏光手段、

（Ｂ）第１偏光手段からの光を集光するレンズ系、並びに、

（Ｃ）Ｘ方向、及び、Ｘ方向と直交するＹ方向の２次元マトリクス状に固体撮像素子が配列されて成り、光入射側に第２偏光手段を有し、レンズ系によって集光された光を電気信号に変換する撮像素子アレイ、

を具備し、

第１偏光手段は、Ｘ方向に沿って配列された第１領域及び第２領域を有し、

第１領域を通過した第１領域通過光の偏光状態と、第２領域を通過した第２領域通過光の偏光状態とは異なり、

第２偏光手段は、Ｙ方向に沿って交互に配置され、Ｘ方向に延びる複数の第３領域及び第４領域を有し、

第３領域を通過した第３領域通過光の偏光状態と、第４領域を通過した第４領域通過光の偏光状態とは異なり、

第１領域通過光は第３領域を通過して固体撮像素子に到達し、第２領域通過光は第４領域を通過して固体撮像素子に到達し、以て、第１領域の重心点と第２領域の重心点との間の距離を両眼視差の基線長さとした立体画像を得るための画像を撮像する。

【００４８】

ここで、第２偏光手段に、本発明における偏光素子、本発明の固体撮像素子、本発明の固体撮像装置を適用すればよい。

【００４９】

このように、本発明における立体画像撮像装置は、簡素な構成、構造を有し、１台の撮像装置によって被写体を立体画像として撮像し得る撮像装置であり、１組の第１偏光手段及び第２偏光手段並びに１つのレンズ系から撮像装置が構成されているので、単眼で、簡素な構成、構造を有する、小型の撮像装置を提供することができる。また、レンズ及び偏光フィルタの組合せを２組、必要としないので、ズーム、絞り部、フォーカス、輻輳角等にズレや差異が生じることもない。しかも、両眼視差の基線長さが比較的短いので、自然な立体感を得ることができる。更には、第１偏光手段の脱着によって、容易に、２次元画像及び３次元画像を得ることができる。

【００５０】

尚、本発明における立体画像撮像装置を用いた撮像方法にあっては、

第３領域を通過して固体撮像素子に到達した第１領域通過光によって、右眼用画像を得るための電気信号を固体撮像素子において生成し、

第４領域を通過して固体撮像素子に到達した第２領域通過光によって、左眼用画像を得るための電気信号を固体撮像素子において生成し、
これらの電気信号を出力する。尚、これらの電気信号を、同時に出力してもよいし、時系列に交互に出力してもよい。

【００５１】

本発明における立体画像撮像装置において、第１偏光手段はレンズ系の絞り部近傍に配置されている形態とすることが好ましい。あるいは又、レンズ系に入射した光が、一旦、平行光とされ、最終的に固体撮像素子上に集光（結像）されるとき、平行光の状態にあるレンズ系の部分に第１偏光手段を配置する形態とすることが好ましい。これらの形態にあっては、一般に、レンズ系の光学系を新たに設計し直す必要はなく、既存のレンズ系に第１偏光手段を、固定して、あるいは又、脱着自在に取り付けられるように、機械的（物理的）な設計変更を施せばよい。尚、レンズ系に第１偏光手段を脱着自在に取り付けるには、例えば、第１偏光手段をレンズの絞り羽根に類似した構成、構造とし、レンズ系内に配置すればよい。あるいは又、レンズ系において、第１偏光手段と開口部とが併設された部材を、レンズ系の光軸と平行な回動軸を中心として回動可能にこの回動軸に取り付け、係る部材を回動軸を中心として回動させることで、レンズ系を通過する光線が開口部を通過し、あるいは、第１偏光手段を通過する構成、構造を挙げることができる。あるいは又、レンズ系において、第１偏光手段と開口部とが併設された部材を、例えばレンズ系の光軸と直交する方向に滑動自在にレンズ系に取り付け、係る部材を滑動させることで、レンズ系を通過する光線が開口部を通過し、あるいは、第１偏光手段を通過する構成、構造を挙げることができる。

【００５２】

上記の好ましい形態を含む本発明における立体画像撮像装置にあっては、第１偏光手段において、第１領域と第２領域との間に中央領域が設けられており、中央領域を通過した中央領域通過光の偏光状態は、中央領域入射前と変化しない形態とすることができる。即ち、中央領域は、偏光に関して素通し状態とすることができる。第１偏光手段の中央領域にあっては、光強度が強いが、視差量は少ない。従って、このような形態とすることで、撮像素子アレイが受ける光強度を大きくしながら、十分な長さの両眼視差の基線長さを確保することが可能となる。第１偏光手段の外形形状を円形としたとき、中央領域を円形とし、第１領域及び第２領域を、中央領域を囲む中心角１８０度の扇形とすることができるし、中央領域を正方形や菱形とし、第１領域及び第２領域を、中央領域を囲む中心角１８０度の扇形に類似した形状とすることができる。あるいは又、第１領域、中央領域及び第２領域を、Ｙ方向に沿って延びる帯状の形状とすることができる。

【００５３】

以上に説明した各種の好ましい形態を含む本発明における立体画像撮像装置において、第１領域及び第２領域は偏光子から成り、第１領域通過光の電場の向きと第２領域通過光の電場の向きとは直交している構成とすることができる。そして、このような構成を含む本発明における立体画像撮像装置において、第１領域通過光の電場の向きはＸ方向と平行である構成とすることができるし、あるいは又、第１領域通過光の電場の向きはＸ方向と４５度の角度を成す構成とすることができる。更には、これらの構成の任意の組合せを含む本発明における立体画像撮像装置において、第１領域通過光の電場の向きと第３領域通過光の電場の向きとは平行であり、第２領域通過光の電場の向きと第４領域通過光の電場の向きとは平行である構成とすることができる。更には、これらの構成の任意の組合せを含む本発明における立体画像撮像装置において、偏光子の消光比は、３以上、好ましくは１０以上であることが望ましい。

【００５４】

ここで、『偏光子』とは、自然光（非偏光）や円偏光から直線偏光を作り出すものを指し、第１領域を構成する偏光子、それ自体は、周知の構成、構造の偏光子（偏光板）とすればよい。また、例えば、第１領域通過光及び第２領域通過光の一方の偏光成分を主としてＳ波（ＴＥ波）とし、第１領域通過光及び第２領域通過光の他方の偏光成分を主として

Ｐ波（ＴＭ波）とすればよい。第１領域通過光及び第２領域通過光の偏光状態は、直線偏光であってもよいし、円偏光（但し、回転方向が相互に逆の関係にある）であってもよい。一般に、振動方向が或る特定の向きだけの横波を偏光した波と呼び、この振動方向を偏光方向あるいは偏光軸と呼ぶ。光の電場の向きは偏光方向と一致する。消光比とは、第１領域通過光の電場の向きがＸ方向と平行である構成とする場合、第１領域にあっては、第１領域を通過する光に含まれる、電場の向きがＸ方向である光の成分と電場の向きがＹ方向である光の成分の割合であり、第２領域にあっては、第２領域を通過する光に含まれる、電場の向きがＹ方向である光の成分と電場の向きがＸ方向である光の成分の割合である。また、第１領域通過光の電場の向きがＸ方向と４５度の角度を成す構成とする場合、第１領域にあっては、第１領域を通過する光に含まれる、電場の向きがＸ方向と４５度の角度を成す光の成分と１３５度の角度を成す光の成分の割合であり、第２領域にあっては、第２領域を通過する光に含まれる、電場の向きがＸ方向と１３５度の角度を成す光の成分と４５度の角度を成す光の成分の割合である。あるいは又、例えば、第１領域通過光の偏光成分が主としてＰ波であり、第２領域通過光の偏光成分が主としてＳ波である場合、第１領域にあっては、第１領域通過光に含まれるＰ偏光成分とＳ偏光成分の割合であり、第２領域にあっては、第２領域通過光に含まれるＳ偏光成分とＰ偏光成分の割合である。

【００５５】

以上に説明した各種の好ましい形態、構成を含む本発明における立体画像撮像装置において、固体撮像素子は、光電変換素子、並びに、その上あるいは上方に、カラーフィルタ、オンチップレンズ、及び、本発明における偏光素子が積層されて成り、本発明における偏光素子が第３領域又は第４領域を構成する形態とすることができる。あるいは又、固体撮像素子は、光電変換素子、並びに、その上あるいは上方に、本発明における偏光素子、カラーフィルタ、及び、オンチップレンズが積層されて成り、本発明における偏光素子が第３領域又は第４領域を構成する形態とすることができる。あるいは又、固体撮像素子は、光電変換素子、並びに、その上あるいは上方に、オンチップレンズ、カラーフィルタ、及び、本発明における偏光素子が積層されて成り、本発明における偏光素子が第３領域又は第４領域を構成する形態とすることができる。但し、オンチップレンズ、カラーフィルタ、及び、本発明における偏光素子の積層順は、適宜、変更することができる。そして、これらの形態にあっては、第１領域通過光の電場の向きがＸ方向と平行である構成とする場合、本発明における偏光素子を構成する反射層の延びる方向（第１の方向）は、Ｘ方向あるいはＹ方向と平行である形態とすることができる。具体的には、第３領域を構成する本発明における偏光素子にあっては、反射層の延びる方向（第１の方向）はＹ方向と平行であり、第４領域を構成する本発明における偏光素子にあっては、反射層の延びる方向（第１の方向）はＸ方向と平行である。あるいは又、これらの形態にあっては、第１領域通過光の電場の向きがＸ方向と４５度の角度を成す構成とする場合、本発明における偏光素子を構成する反射層の延びる方向（第１の方向）は、Ｘ方向あるいはＹ方向と４５度を成す形態とすることができる。具体的には、第３領域を構成する本発明における偏光素子にあっては、反射層の延びる方向（第１の方向）はＸ方向と１３５度の角度を成し、第４領域を構成する本発明における偏光素子にあっては、反射層の延びる方向（第１の方向）はＸ方向と４５度の角度を成す。

【００５６】

更には、以上に説明した各種の好ましい形態、構成を含む本発明における立体画像撮像装置において、所謂視野闘争の発生を回避するために、第１偏光手段の光入射側には、四分の一波長板（λ／４波長板）が配置されていることが望ましい。四分の一波長板を、常時、配置してもよいし、所望に応じて配置してもよい。具体的には、四分の一波長板を、レンズ系に設けられたフィルタ取付部に着脱自在に取り付ければよい。ここで、視野闘争とは、例えば、Ｐ波成分は反射するがＳ波成分は吸収する水面や窓等の被写体を撮像するとき、Ｐ波成分から得られた画像とＳ波成分から得られた画像を両眼へ提示したとき、融像が起こらず、一方の画像だけが優越して交互に見えたり、重なった領域で互いに抑制しあったりする現象を指す。四分の一波長板を通過した光は偏光方向が揃った状態となり、

このような光が第１領域及び第３領域を通過して撮像素子アレイに到達して得られた画像と、第２領域及び第４領域を通過して撮像素子アレイに到達して得られた画像との間であって、Ｐ波成分は反射するがＳ波成分は吸収する被写体の部分の画像の間に、大きな相違が生じなくなり、視野闘争の発生を回避することができる。尚、四分の一波長板速軸は、第１領域通過光の電場の向きと４５度の角度あるいは４５度±１０度の角度を成すことが好ましい。

【００５７】

あるいは又、本発明における立体画像撮像装置において、所謂視野闘争の発生を回避するために、

第１偏光手段の光入射側には、α度の偏光軸を有する偏光板が配置されており、

第１領域は第１波長板から成り、第２領域は第２波長板から成り、

第１領域通過光の電場の向きと第２領域通過光の電場の向きとは直交している構成とすることができる。そして、この場合、具体的には、

αの値は４５度であり、

第１波長板は半波長板（＋λ／２波長板）から成り、

第２波長板は、第１波長板を構成する半波長板とは位相差の異なる半波長板（－λ／２波長板）から成る構成とすることができる。尚、この場合、α度の偏光軸を有する偏光板はレンズ系に固定しておく。

【００５８】

以上に説明した各種の好ましい形態、構成を含む本発明における立体画像撮像装置において、撮像素子アレイはベイヤ配列を有し、１画素は４つの固体撮像素子から構成されており、１画素に対して、１つの第３領域及び／又は第４領域が配されている形態とすることができる。また、このような形態を含む以上に説明した各種の好ましい形態、構成を含む本発明における立体画像撮像装置において、Ｙ方向に沿ってＮ個の画素（但し、例えば、$N=2^n$であり、ｎは１乃至５の自然数）に対して１つの第３領域及び１つの第４領域を配する形態とすることもできる。但し、撮像素子アレイの配列は、ベイヤ配列に限定されず、その他、インターライン配列、ＧストライプＲＢ市松配列、ＧストライプＲＢ完全市松配列、市松補色配列、ストライプ配列、斜めストライプ配列、原色色差配列、フィールド色差順次配列、フレーム色差順次配列、ＭＯＳ型配列、改良ＭＯＳ型配列、フレームインターリーブ配列、フィールドインターリーブ配列を挙げることができる。

【００５９】

また、以上に説明した各種の好ましい形態、構成を含む本発明における立体画像撮像装置を用いた撮像方法においては、Ｙ方向に沿ってＮ個の画素（但し、例えば、$N=2^n$であり、ｎは１乃至５の自然数）に対して１つの第３領域及び１つの第４領域を配する構成とすることができ、この場合、第３領域を通過した第１領域通過光によって得られる電気信号及び第４領域を通過した第２領域通過光によって得られる電気信号から生成されたデプスマップ（奥行き情報）、並びに、撮像素子アレイを構成する全固体撮像素子からの電気信号に基づき、右眼用画像を得るための画像データ（右眼用画像データ）、及び、左眼用画像を得るための画像データ（左眼用画像データ）を得る構成とすることができる。

【００６０】

あるいは又、撮像素子アレイの配列をベイヤ配列としたとき、赤色を受光する赤色固体撮像素子及び青色を受光する青色固体撮像素子には第３領域及び第４領域を配置せず、緑色を受光する２つの緑色固体撮像素子の一方に第３領域を配し、他方に第４領域を配してもよい。あるいは又、撮像素子アレイの配列をベイヤ配列としたとき、赤色を受光する１つ赤色固体撮像素子、青色を受光する１つの青色固体撮像素子、及び、緑色を受光する２つの緑色固体撮像素子の内のＸ方向に隣接する２つの固体撮像素子（例えば、赤色を受光する赤色固体撮像素子及び緑色を受光する一方の緑色固体撮像素子）には第３領域あるいは第４領域を配し、残りの２つの固体撮像素子（例えば、青色を受光する青色固体撮像素子及び緑色を受光する他方の緑色固体撮像素子）には第４領域あるいは第３領域を配してもよい。あるいは又、撮像素子アレイの配列をベイヤ配列としたとき、赤色を受光する１

つ赤色固体撮像素子、青色を受光する１つの青色固体撮像素子、及び、緑色を受光する２つの緑色固体撮像素子の内のいずれか１つの固体撮像素子（例えば、赤色を受光する１つ赤色固体撮像素子あるいは青色を受光する１つの青色固体撮像素子）には第３領域あるいは第４領域を配し、この固体撮像素子にＹ方向に隣接する固体撮像素子（例えば、緑色固体撮像素子）には第４領域あるいは第３領域を配してもよい。尚、これらの場合にも、Ｙ方向に沿ってＮ個の画素に対して１つの第３領域及び１つの第４領域を配する構成とすることができるし、Ｘ方向に沿ってＭ個の画素に対して１つの第３領域あるいは１つの第４領域を配する構成とすることができる。

【００６１】

以上に説明した各種の好ましい形態、構成を含む本発明における立体画像撮像装置あるいは撮像方法において、Ｘ方向を水平方向、Ｙ方向を垂直方向とすることができる。Ｘ方向に沿った第３領域及び第４領域の単位長さは、例えば、固体撮像素子のＸ方向に沿った長さと等しくすればよく（第１領域通過光の電場の向きがＸ方向と平行である場合）、あるいは又、１固体撮像素子分の長さと等しくすればよい（第１領域通過光の電場の向きがＸ方向と４５度の角度を成す場合）。レンズ系は、単焦点レンズとしてもよいし、所謂ズームレンズとしてもよく、レンズやレンズ系の構成、構造は、レンズ系に要求される仕様に基づき決定すればよい。

【００６２】

第１領域の重心点とは、第１領域の外形形状に基づき求められた重心点を指し、第２領域の重心点とは、第２領域の外形形状に基づき求められた重心点を指す。第１偏光手段の外形形状を半径ｒの円形とし、第１領域及び第２領域を、それぞれ、第１偏光手段の半分を占める半月状としたとき、第１領域の重心点と第２領域の重心点との間の距離は、簡単な計算から、［（８ｒ）／（３π）］で求めることができる。

【実施例１】

【００６３】

実施例１は、本発明の固体撮像素子、本発明の固体撮像装置、本発明の撮像機器、及び、偏光素子の製造方法に関し、より具体的には、本発明における固体撮像素子－Ａに関する。実施例１の固体撮像装置を構成する固体撮像素子の模式的な一部断面図を図１に示し、固体撮像素子の模式的な部分的平面図を図２に示す。更には、偏光素子の模式的な一部端面図を図３２の（Ａ）及び（Ｂ）に示す。尚、図１においては２つの固体撮像素子を図示し、図２においては４つの固体撮像素子を図示している。また、図１は、図２の矢印Ａ－Ａに沿った模式的な一部端面図であり、偏光素子におけるストライプ状の反射層の延びる方向に沿った固体撮像素子の模式的な一部断面図と、ストライプ状の反射層の繰り返し方向（ストライプ状の反射層の延びる方向と直交する方向）に沿った固体撮像素子の模式的な一部断面図とを示している。更には、図２においては、固体撮像素子と固体撮像素子との間の境界を点線で示した。また、図３２の（Ａ）及び（Ｂ）は、図２の矢印Ａ－Ａ及び矢印Ｂ－Ｂに沿った模式的な一部端面図である。

【００６４】

実施例１の固体撮像素子４１は、光電変換素子（受光素子）６１、及び、光電変換素子６１の光入射側に設けられた偏光素子７０を備えている。また、実施例１の固体撮像装置は、実施例１の固体撮像素子４１を複数、有する固体撮像装置であり、偏光方位が異なる２種類以上の偏光素子７０を備えている。尚、隣接する固体撮像素子４１Ａ，４１Ｂにおいては、偏光素子７０Ａ，７０Ｂにおける透過軸が直交している。更には、実施例１の撮像機器は、実施例１の固体撮像装置を備えており、例えば、デジタルスチルカメラやビデオカメラ、カムコーダが構成されている。そして、実施例１にあっては、光電変換素子６１の上方にオンチップレンズ６４が配置されており、オンチップレンズ６４の上方に偏光素子７０が設けられている。尚、本発明の撮像機器の詳細は、実施例５以降において説明する。

【００６５】

具体的には、実施例１の固体撮像素子４１は、例えば、シリコン半導体基板６０に設け

られた光電変換素子６１、並びに、その上に、第１平坦化膜６２、波長選択層（カラーフィルタ層６３）、オンチップレンズ６４、平坦化層（第２平坦化膜６５と呼ぶ）、層間絶縁層（無機絶縁下地層６６と呼ぶ）、及び、偏光素子７０が積層されて成る。第１平坦化膜６２及び層間絶縁層（無機絶縁下地層６６）はSiO_2から成り、平坦化層（第２平坦化膜６５）はアクリル系樹脂から成る。光電変換素子６１は、ＣＣＤ素子やＣＭＯＳイメージセンサー等から構成されている。参照番号６７は、光電変換素子６１の近傍に設けられた遮光部である。

【００６６】

実施例１にあっては、固体撮像素子の配置をベイヤ配置としている。即ち、１つの画素は、赤色を受光する１つ副画素、青色を受光する１つの副画素、及び、緑色を受光する２つの副画素から構成されており、各副画素は固体撮像素子を備えている。画素は、行方向及び列方向に２次元マトリクス状に配列されている。１つの画素内における全ての偏光素子の第１の方向は同じ方向である。更には、行方向に配列された画素にあっては、偏光素子の第１の方向は全て同じ方向である。一方、列方向に沿って、偏光素子の第１の方向が行方向と平行である画素と、偏光素子の第１の方向が列方向と平行である画素とが、交互に配置されている。

【００６７】

そして、偏光素子７０は、光電変換素子側から、ストライプ状の反射層７１、反射層７１上に形成された絶縁層７２、及び、絶縁層７２上に離間された状態で形成された複数の断片（セグメント）７３’から成る光吸収層７３の積層構造を有する。ここで、反射層７１は、厚さ１００ｎｍのアルミニウム（Ａｌ）から構成され、絶縁層７２は、厚さ２５ｎｍのSiO_2から構成され、光吸収層７３は、厚さ５０ｎｍのタングステン（Ｗ）から構成されている。そして、ストライプ状の反射層７１の延びる方向（第１の方向）は、消光させるべき偏光方位と一致しており、ストライプ状の反射層７１の繰り返し方向（第２の方向であり、第１の方向と直交する）は、透過させるべき偏光方位と一致している。即ち、反射層７１は、ワイヤグリッド型偏光子としての機能を有し、偏光素子７０に入射した光の内、反射層７１の延びる方向（第１の方向）と平行な方向に電界成分を有する偏光波を減衰させ、反射層７１の延びる方向と直交する方向（第２の方向）に電界成分を有する偏光波を透過させる。第１の方向は偏光素子の光吸収軸であり、第２の方向は偏光素子の光透過軸である。

【００６８】

また、実施例１にあっては、詳細は後述するが、第１の方向における反射層７１の長さ（L_{rf}）は、第１の方向に沿った固体撮像素子４１の長さ（L_{id}）未満である。

【００６９】

ところで、隣接する固体撮像素子４１Ａ，４１Ｂにおいては、偏光素子７０Ａ，７０Ｂにおける透過軸が直交している。従って、隣接する固体撮像素子４１への偏光光の漏れ込み（偏光クロストーク）が発生すると、本来、消光しているはずの偏光成分が隣接する固体撮像素子４１から混入し、最終的な消光比が低下してしまう。即ち、図１中の$\theta_{in\text{-}max}$なる入射角度を有する入射光が入射する偏光素子７０Ａの光透過軸（第２の方向）は紙面垂直方向である。一方、隣接する偏光素子７０Ｂの光透過軸（第２の方向）は紙面平行方向である。従って、偏光素子７０Ａを備えた固体撮像素子４１Ａからの光が偏光素子７０Ｂを備えた固体撮像素子４１Ｂに入射すると、固体撮像素子４１Ｂにおける消光比が著しく低下するといった問題が発生する。

【００７０】

このような偏光クロストークの発生を防ぐためには、偏光素子７０とオンチップレンズ６４との間に深さ（厚さ）方向の距離的制限を設け、しかも、偏光素子７０Ａと偏光素子７０Ｂとの境界部分に、偏光素子としての機能を有しない無効領域を設ければよい。具体的には、図１に示すように、偏光素子７０とオンチップレンズ６４との間の距離をＤ、オンチップレンズ６４のサグ量をＳ、偏光素子７０とオンチップレンズ６４との間に存在する媒質［具体的には、層間絶縁層（無機絶縁下地層）６６、及び、平坦化層（第２平坦化

膜）６５］の屈折率（この場合、平均屈折率で近似）をn_1、隣接する偏光素子の間に存在する隙間の幅を２×Ｒ、入射光のＮＡを含めた、偏光素子への入射光の入射角の最大値をθ_{in-max}としたとき、

$$R \geqq (D+S) \times \tan[\sin^{-1}\{\sin(\theta_{in-max})/n_1\}] \quad (1)$$

を満足すればよい。

【００７１】

また、周期的に形成された光吸収層の断片７３’からの回折光の発生を防ぎ、隣接する固体撮像素子４１への不要な光の漏れ込みを確実に防ぐためには、図２に示すように、或る光吸収層の断片（便宜上、『断片－ａ』と呼ぶ）に対して第２の方向に沿って隣接する光吸収層の断片（便宜上、『断片－ｂ』と呼ぶ）の第１の方向に沿って隣りに位置する光吸収層の断片（便宜上、『断片－ｃ』と呼ぶ）を想定したとき、断片－ａと断片－ｃとの間で回折現象が発生しなければよい。これを満足すれば、断片－ａと断片－ｂとの間でも回折現象は発生しない。従って、第１の方向における光吸収層の断片７３’の形成ピッチをP_{ab-1}、第２の方向における光吸収層の断片７３’の形成ピッチをP_{ab-2}、偏光素子７０に入射する光の最短波長をλ_{min}、偏光素子に入射する光が通過する媒質の屈折率をn_0、偏光素子への光の入射角の最大値をθ_{in-max}としたとき、

$$(P_{ab-1}^2+P_{ab-2}^2)^{1/2} \leqq [(\lambda_{min}/n_0) \times \cos(\theta_{in-max})] \quad (2)$$

を満足すればよい。

【００７２】

更には、消光特性の向上といった観点から、第１の方向における光吸収層の断片７３’の形成ピッチをP_{ab-1}、長さをL_{ab}としたとき、

$$0.5 \leqq (L_{ab}/P_{ab-1}) < 1 \quad (3)$$

を満足している。

【００７３】

第１の方向における反射層７１の長さL_{rf}が消光比に与える影響を、ＦＤＴＤ（Finite-difference time-domain）法に基づくシミュレーションを用いて解析した。

【００７４】

尚、反射層７１の長さL_{rf}の依存に注目するために、絶縁層７２及び光吸収層７３を設けていない構造としており、反射層７１はアルミニウムから成る。反射層７１の下地は、SiO_2層から成る。そして、反射層７１の厚さを１００ｎｍ一定とし、第２の方向における反射層７１の形成ピッチを１５０ｎｍ、第２の方向に沿った反射層７１の幅を５０ｎｍ、第１の方向に沿った隣接する偏光素子の間に存在する隙間の幅２×Ｒの値を１５０ｎｍ、一定としている。そして、第１の方向における反射層７１の長さL_{rf}を、１μｍ、２μｍ、４μｍ、無限大とした。

【００７５】

シミュレーション結果を図４に示す。尚、図４において、「Ａ」は第１の方向における反射層７１の長さL_{rf}を１μｍとしたときの結果であり、「Ｂ」は第１の方向における反射層７１の長さL_{rf}を２μｍとしたときの結果であり、「Ｃ」は第１の方向における反射層７１の長さL_{rf}を４μｍとしたときの結果であり、「Ａ」は第１の方向における反射層７１の長さL_{rf}を無限大としたときの結果である。

【００７６】

図４より、消光比は、反射層７１の長さL_{rf}に対する依存性を有し、反射層７１の長さL_{rf}を無限大とした場合と、反射層７１の長さL_{rf}を４μｍとした場合とで、消光比に大きな差異が生じている。従って、図３４に固体撮像素子の模式的な部分的平面図を示すように、第１の方向に沿って隣接する固体撮像素子間で反射層７１を離間させないと、第１の方向に沿った反射層７１の長さが非常に長くなり、第２の方向に沿って隣接する固体撮像素子４１Ａ，４１Ｂ間における消光比に、大きな差異が生じてしまう。それ故、固体撮像素子の模式的な部分的平面図を図２に示すように、第１の方向における反射層７１の長さ（L_{rf}）を、第１の方向に沿った固体撮像素子４１の長さ（L_{id}）未満、具体的には、例えば、

$L_{rf}=L_{id}-2\times R$
とする。これによって、第２の方向に沿って隣接する固体撮像素子４１Ａ，４１Ｂ間における消光比に、差異が生じ難くなる。

【００７７】

ところで、図４に示したように、第１の方向における反射層７１の長さ（L_{rf}）が短くなると、消光比が低下する。これは、第１の方向における反射層７１の長さ（L_{rf}）だけでなく、反射層７１と反射層７１との間の分断境界（無効領域）における無偏光成分の混入も大きく寄与しているためであると考えられる。

【００７８】

図５に、第１の方向における反射層７１の長さL_{rf}を２μｍとしたときの、第１の方向及び第２の方向に沿って反射層７１を透過する光の強度をシミュレーションした結果を示す。尚、入射光の波長を５５０ｎｍとした。図５において、「Ａ」は光吸収軸（第１の方向）に沿った光強度（単位：任意）であり、「Ｂ」は光透過軸（第２の方向）に沿った光強度（単位：任意）である。このシミュレーション結果から、反射層７１の第１の方向に沿った両端部では、反射層７１が存在していない影響で、ＴＥ偏光成分、ＴＭ偏光成分の両方が透過し、無偏光の透過に近い状態となっており、無偏光成分の混入が大きく発生していることが判る。このように画素内において位置によって消光状態が異なっているが、画素内で全て集光（積分）したものが、１つの画素における偏光特性（消光比）を与えると云うことである。

【００７９】

このような反射層７１の第１の方向に沿った両端部における消光比の低下を改善するためには、固体撮像素子の模式的な一部断面図を図３に示すように、隣接するオンチップレンズ６４とオンチップレンズ６４との間に位置する領域［より具体的には、オンチップレンズ６４とオンチップレンズ６４との間に位置する層間絶縁層（無機絶縁下地層６６）］に、例えば、タングステン（Ｗ）等から成る遮光層（所謂、ブラックマトリクス層）６８を設ければよい。尚、遮光層６８は、例えば金属材料から構成される反射層７１と遮光層６８中の自由電子の相互干渉を避けるために、絶縁材料である層間絶縁層６６の中に配置させることが好ましい。

【００８０】

遮光層６８の厚さを２０ｎｍ、幅（＝２×Ｒ）を２００ｎｍとし、入射光の波長を５５０ｎｍとして、透過光強度分布をシミュレーションした結果を、図６に示す。尚、図６において、「Ａ」は、遮光層６８を設けない場合の光吸収軸（第１の方向）に沿った光強度（単位：任意）であり、「Ｂ」は、遮光層６８を設けない場合の光透過軸（第２の方向）に沿った光強度（単位：任意）である。また、「Ｃ」は、遮光層６８を設けた場合の光吸収軸（第１の方向）に沿った光強度（単位：任意）であり、「Ｄ」は、遮光層６８を設けた場合の光透過軸（第２の方向）に沿った光強度（単位：任意）である。反射層７１の第１の方向に沿った両端部における消光比の低下が改善されていることが判る。ＦＤＴＤ法に基づくシミュレーションから得られた画素内透過強度を積分して計算した消光比は、遮光層６８を設けない場合の５．６から、遮光層６８を設けた場合、９．０と、１．５倍程度に改善した。更に、第１の方向における反射層７１の長さL_{rf}を１μｍ、２μｍ、４μｍとし、遮光層６８を設けた場合、設けない場合の消光比（波長：５５０ｎｍ）を比較した結果は以下の表１のとおりであった。以上の結果から、固体撮像素子のサイズが小さくなっても、遮光層６８を設けることで、消光比が約１．５倍程度、改善することが判る。例えば必要とされる消光比を１０以上と仮定したとき、遮光層を設けない場合の固体撮像素子の下限サイズは５μｍ程度であるが、遮光層を設けることで、３μｍ程度まで固体撮像素子のサイズを小さくすることが可能となり、同一の画素数であれば固体撮像装置のチップサイズを小さくすることができ、撮像機器自体の小型化が可能となる。

【００８１】

［表１］　消光比

| L_{rf} | 遮光層有り | 遮光層無し |

１μｍ	４．７	３．０
２μｍ	８．１	５．６
４μｍ	１２．３	７．５

【００８２】
ここで具体的な構造寸法における偏光特性の計算結果について説明する。例えば、
λ_{min}＝４００ｎｍ
θ_{in-max}＝２０°
n_0＝１．０（空気）
としたとき、式（２）の右辺の値は３７６ｎｍである。一方、
P_{ab-1}＝３００ｎｍ
P_{ab-2}＝１５０ｎｍ
とすれば、式（２）の右辺の値は３３５ｎｍであり、式（２）を満足する。ここで、
L_{ab-1}＝１５０ｎｍ
W_{ab} ＝ ５０ｎｍ
とする。また、
L_{id}＝６μｍ
Ｒ ＝７５ｎｍ
とする。第２の方向に沿った光吸収層の断片（セグメント）の数は２０であり、第１の方向に沿った光吸収層の断片（セグメント）の数は１つ（１周期）である。更には、反射層は、厚さ１００ｎｍのアルミニウム（Ａｌ）から構成され、絶縁層は、厚さ２５ｎｍのSiO_2から構成され、光吸収層は、厚さ５０ｎｍのタングステン（Ｗ）から構成されている。このような構成の偏光素子のＦＤＴＤ法に基づくシミュレーションを行い、偏光素子としての特性予測を行った。シミュレーションでは周期境界条件を用いているために、第１の方向の反射層の長さは無限長である。また、第２の方向には反射層が無限の本数、配置された構造としている。シミュレーション結果を図７に示す。尚、図７において、「Ａ」は消光比のデータを示し、「Ｂ」は、光透過軸（第２の方向）に沿った偏光方位入射に対する光透過率（単位：任意）であり、「Ｃ」は、光吸収軸（第１の方向）に沿った偏光方位入射に対する光透過率（単位：任意）であり、「Ｄ」は、光吸収軸（第１の方向）に沿った偏光方位入射に対する光反射率（単位：任意）であり「Ｅ」は、光透過軸（第２の方向）に沿った偏光方位入射に対する光反射率（単位：任意）である。
【００８３】
シミュレーション結果から、消光比は波長５５０ｎｍで最良となり、消光比２７、第１の方向に沿った波長５５０ｎｍにおける反射率も約４％が得られた。
【００８４】
以下、基体等の模式的な一部端面図である図２７の（Ａ）、（Ｂ）、図２８の（Ａ）、（Ｂ）、図２９の（Ａ）、（Ｂ）、図３０の（Ａ）、（Ｂ）、図３１の（Ａ）、（Ｂ）、図３２の（Ａ）、（Ｂ）を参照して、実施例１の偏光素子の製造方法（一例として、固体撮像素子毎に異なる偏光方位を有する偏光素子の製造方法）を説明する。尚、これらの図においては、層間絶縁層６６より下方に形成された各種構成要素の図示を省略している。また、図２７の（Ａ）、（Ｂ）、図２８の（Ａ）、図２９の（Ａ）、図３０の（Ａ）、図３１の（Ａ）、及び、図３２の（Ａ）は、図２の矢印Ａ－Ａに沿ったと同様の模式的な一部端面図であり、第１の方向に沿った偏光素子７０Ａに関する模式的な一部端面図（仮想切断面は第１の方向と平行）と、第２の方向に沿った偏光素子７０Ｂに関する模式的な一部端面図（仮想切断面は第２の方向と平行）とを示している。一方、図２８の（Ｂ）、図２９の（Ｂ）、図３０の（Ｂ）、図３１の（Ｂ）、及び、図３２の（Ｂ）、並びに、図２７の（Ｂ）は、図２の矢印Ｂ－Ｂに沿ったと同様の模式的な一部端面図であり、第２の方向に沿った偏光素子７０Ｂに関する模式的な一部端面図（仮想切断面は第２の方向と平行）と、第２の方向に隣接する偏光素子７０Ａと偏光素子７０Ａの隙間における模式的な一部端面図（仮想切断面は第１の方向と平行）とを示している。
【００８５】

［工程－１００］

先ず、基体上に、反射層７１を構成すべき反射層形成層７１Ａ、絶縁層７２を構成すべき絶縁層形成層７２Ａ、光吸収層７３を構成すべき光吸収層形成層７３Ａを設ける（図２７の（Ａ）参照）。具体的には、層間絶縁層６６を基体として、その上に、アルミニウム（Ａｌ）から成る反射層形成層７１Ａを真空蒸着法によって形成し、SiO_2から成る絶縁層形成層７２ＡをＣＶＤ法によって形成し、更に、スパッタリング法によってタングステン（Ｗ）から成る光吸収層形成層７３Ａを形成する。尚、シリコン半導体基板６０には、周知の方法で光電変換素子６１を設ければよいし、その上に、第１平坦化膜６２、波長選択層（カラーフィルタ層６３）、オンチップレンズ６４、平坦化層（第２平坦化膜６５）、層間絶縁層（無機絶縁下地層６６）を周知の方法で形成すればよい。

【００８６】

［工程－１１０］

次いで、光吸収層形成層７３Ａをパターニングすることで、長さL_{ab}の帯状の光吸収層形成層７３Ａを得る（図２７の（Ｂ）参照）。具体的には、光吸収層形成層７３Ａ上にリソグラフィ技術及びドライエッチング技術に基づき、光吸収層形成層７３Ａをパターニングすることで、パターニングされた光吸収層形成層７３Ａを得ることができる。

【００８７】

［工程－１２０］

その後、ストライプ状の光吸収層の繰り返し方向（第２の方向）における形成ピッチが$2\times P_{ab-2}$（＝３００ｎｍ）、第２の方向における幅が（$P_{ab-2}-W_{ab}$）であるレジスト層９１を、リソグラフィ技術に基づき、全面に（具体的には、所定の固体撮像素子領域、あるいは、偏光方位の揃った画素内に）形成する（図２８の（Ａ）及び（Ｂ）参照）。レジスト層９１は、例えば、フォトレジスト材料から成る。尚、露光波長２４８ｎｍのＫｒＦ露光が望ましい。その後、レジスト層９１の側壁における厚さがW_{ab}（＝５０ｎｍ）であるエッチングマスク層（ハードマスク材料層）９２をレジスト層９１の側壁に形成する（図２９の（Ａ）及び（Ｂ）参照）。具体的には、ＣＶＤ法に基づき、ＴＥＯＳ等から成るエッチングマスク層９２を（全面に）コンフォーマルに形成した後、レジスト層９１の頂面上等のエッチングマスク層９２の部分を、周知のエッチバック方法に基づき除去する。

【００８８】

［工程－１３０］

次いで、露出したレジスト層９１を、アッシング技術に基づき除去する（図３０の（Ａ）及び（Ｂ）参照）。エッチングマスク層９２の形成ピッチは１５０ｎｍであり、第２の方向における幅は５０ｎｍである。その後、エッチングマスク層９２をエッチング用マスクとして、光吸収層形成層７３Ａ、絶縁層形成層７２Ａ及び反射層形成層７１Ａを順次エッチングし、反射層７１、絶縁層７２及び光吸収層７３の積層構造から成る偏光素子７０を得た後（図３１の（Ａ）及び（Ｂ）参照）、エッチングマスク層９２を除去する。こうして、図３２の（Ａ）及び（Ｂ）に示す構造を得ることができる。その後、必要に応じて、SiO_2あるいはＳｉＯＮ、ＳｉＮ等の絶縁材料から成り、厚さ数十ｎｍの保護膜（具体的には、例えば、偏光素子７０の側面において、厚さ１５ｎｍの保護膜）を、全面にＣＶＤ法やＡＬＤ法に基づきコンフォーマルに形成してもよい。

【００８９】

［工程－１４０］

その後、電極パッド（図示せず）の形成、チップ切り離しのためのダイシング、パッケージといった周知の方法に基づき、固体撮像装置、撮像機器を組み立てればよい。

【００９０】

このような実施例１の偏光素子の製造方法にあっては、形成ピッチが$2\times P_{ab-2}$、幅が（$P_{ab-2}-W_{ab}$）であるレジスト層を形成し、次いで、レジスト層の側壁における厚さがW_{ab}であるエッチングマスク層をレジスト層の側壁に形成した後、エッチングマスク層をドライエッチング用マスクとして、光吸収層形成層、絶縁層形成層及び反射層形成層を順

次エッチングするといった、スペーサ方式とも呼ばれる方式を採用している。それ故、［工程－１２０］において、第２の方向における形成ピッチが２×P_{ab-2}であるレジスト層を形成するにも拘わらず、第２の方向に沿った形成ピッチがP_{ab-2}、幅がW_{ab}の光吸収層や反射層を得ることができるし、幅５０ｎｍのエッチングマスク層（ハードマスク材料層）が倒壊する虞もない。尚、スペーサ方式の代わりに、ダブルパターニング方式を採用することもできる。即ち、第２の方向に沿って、例えば、先ず、奇数番目の偏光素子を形成し、次いで、偶数番目の偏光素子を形成してもよい。

【００９１】

また、実施例１にあっては、偏光素子の光吸収層を、成膜技術とパターニング技術に基づき形成する。従来の技術のように、形状異方性を有する光吸収層を斜めスパッタ成膜法に基づき形成する必要がない。従って、固体撮像素子毎に異なる偏光方位を有する偏光素子を容易に得ることができる。しかも、光電変換素子の上方にオンチップで一体的に偏光素子が形成されているが故に、固体撮像素子の厚さを薄くすることができる。その結果、隣接する固体撮像素子への偏光光の混入（偏光クロストーク）を最小にできるし、本偏光素子は吸収層を有する吸収型偏光素子であるために反射率が低く、映像に対する迷光、フレア等の影響を軽減することができる。また、固体撮像装置にあっては、偏光方位が異なる２種類以上の偏光素子を備えているので、固体撮像装置に入射光の偏光情報を空間的に偏光分離する偏光分離機能を付与することができる。

【実施例２】

【００９２】

実施例２は、実施例１の変形である。ところで、ＣＶＤ法に比べてＡＤＬ法は、よりコンフォーマルに偏光素子７０の側面における成膜が可能である。それ故、偏光素子の光学特性の低下を防ぐことが可能である。特に、AlO_xやHfO_xのような金属酸化物から成る保護膜は、偏光素子に対する保護能力が高く、しかも、薄く、コンフォーマルに成膜することが可能であるが故に、光学特性の低下を招かない良質な保護膜として機能し得る。

【００９３】

実施例２にあっては、第２の方向に沿った形成ピッチP_{ab-2}＝１８０ｎｍ、幅W_{ab}＝８０ｎｍ、偏光素子７０と偏光素子７０の間のスペース（$P_{ab-2}-W_{ab}$）＝１００ｎｍの偏光素子７０を形成する。具体的には、実施例２にあっては、実施例１の［工程－１３０］と同様の工程において、エッチングマスク層９２を除去した後、AlO_xあるいはHfO_xから成る保護膜７４を、ＡＤＬ法に基づき、偏光素子７０上に、より具体的には、偏光素子７０及び層間絶縁層（基体であり、無機絶縁下地層６６）上に形成する。ここでは、偏光素子７０の側面において厚さ１５ｎｍの保護膜７４を形成する。こうして、図３３の（Ａ）に示す構造を得ることができる。尚、図３３の（Ａ）及び後述する図３３の（Ｂ）は、図２の矢印Ａ－Ａに沿ったと同様の模式的な一部端面図であり、第１の方向に沿った偏光素子７０Ａに関する模式的な一部端面図（仮想切断面は第１の方向と平行）と、第２の方向に沿った偏光素子７０Ｂに関する模式的な一部端面図（仮想切断面は第２の方向と平行）とを示している。

【００９４】

実施例２にあっては、ＡＤＬ法に基づき保護膜７４を形成することにより、偏光素子７０が形成されていない無機絶縁下地層６６上の保護膜７４の膜厚を薄くすることができる。その結果、無機絶縁下地層６６上の保護膜７４の部分における入射光の反射、屈折を防止することができるし、隣接する固体撮像素子への不要な光の漏れ込みを防ぐことができる結果、感度の向上、混色の低減といった光学特性の改善を図ることができる。特に、シリコン系酸化膜よりも外気に対する保護性能が高いが、屈折率は高い金属酸化物を薄く形成することができるため、結果として、高性能、高信頼性を有する偏光素子を備えた固体撮像素子の提供が可能となる。また、ＡＤＬ法に基づく成膜はＣＶＤ法に基づく成膜よりもコンフォーマルな成膜が実現できると共に、偏光素子７０と偏光素子７０との間のスペース（偏光素子と偏光素子との間に位置する基体の部分）の距離の長短によるカバレッジ差が発生し難い。従って、光学特性や信頼性に関して固体撮像素子内でより均一な特性が

得られる。実際、保護膜７４としてＡＤＬ法を適用した場合、ＣＶＤ法を適用した場合と比較して、固体撮像素子の特性ムラ（感度等のムラ）を大幅に改善することができた。

【実施例３】

【００９５】

実施例３は、実施例２の変形である。実施例２にあっては、偏光素子７０が形成されていない無機絶縁下地層６６上にも保護膜７４を形成した。しかしながら、偏光素子７０が形成されていない無機絶縁下地層６６上には保護膜７４を形成しない方が、一層の特性向上（具体的には、一層の感度の向上）を図ることができる。

【００９６】

実施例３にあっては、実施例１の［工程－１３０］と同様の工程において、エッチングマスク層９２を除去した後、実施例２と同様に、AlO_xあるいはHfO_xから成る保護膜７４を、ＡＤＬ法に基づき、偏光素子７０上に、より具体的には、偏光素子７０及び無機絶縁下地層６６上に形成する。ここで、偏光素子７０の側面において厚さ１５ｎｍの保護膜７４を形成する（図３３の（Ａ）の基体等の模式的な一部端面図を参照）。そして、その後、基体の上の保護膜を除去する。具体的には、無機絶縁下地層６６上に堆積した保護膜７４をエッチバック法によって除去し、偏光素子７０の側面のみに保護膜７４を残存させる（図３３の（Ｂ）の基体等の模式的な一部端面図を参照）。保護膜７４のエッチバックにあっては、無機絶縁下地層６６上に堆積した保護膜７４のみを効率良く除去するために、高パワーで指向性の高い（強い）条件を採用することが望ましい。偏光素子７０の頂面の保護膜７４も同時に除去されるが、何ら問題はない。こうして、偏光素子７０の側面のみに保護膜７４を存在させるが故に、偏光素子７０に腐食、異常析出に対する耐性を付与しつつ、偏光素子７０と偏光素子７０との間のスペースに保護膜７４が存在しないため、このスペースに入射する光が保護膜７４によって反射、屈折されることが無く、また、隣接する固体撮像素子への不要な光の漏れ込みを一層確実に防ぐことができる。そして、その結果、感度の一層の向上を図ることができ、良好な特性を有する固体撮像素子を実現することができる。

【実施例４】

【００９７】

実施例４は、実施例１の変形であり、本発明における固体撮像素子－Ｂに関する。実施例４にあっては、固体撮像素子の模式的な一部断面図を図８に示すように、光電変換素子（受光素子）８１の上方にオンチップレンズ８４が配置されており、光電変換素子８１とオンチップレンズ８４の間に偏光素子７０が設けられている。そして、オンチップレンズ８４と偏光素子７０との間に波長選択層（具体的には、カラーフィルタ層８３）が配置されている。

【００９８】

具体的には、実施例４の固体撮像素子４１は、例えば、シリコン半導体基板８０に設けられた光電変換素子８１、並びに、その上に、層間絶縁層（第１平坦化膜８２）、偏光素子７０、偏光素子埋込み材料層８８、第２平坦化膜８９、波長選択層（カラーフィルタ層８３）、オンチップレンズ８４が積層されて成る。層間絶縁層（第１平坦化膜８２）及び第２平坦化膜８９はSiO_2から成り、偏光素子埋込み材料層８８は、SiO_2やアクリル系樹脂、ＳＯＧ等から成る。光電変換素子８１、偏光素子７０、波長選択層（カラーフィルタ層８３）、オンチップレンズ８４は、実施例１と同様の構成、構造とすることができる。

【００９９】

実施例４にあっては、更に、第１の方向における光吸収層の断片７３’の形成ピッチP_{ab-1}、第１の方向における光吸収層の断片７３’の長さL_{ab}は、波長選択層（カラーフィルタ層８３）を通過する光の波長に依存して決定されている。即ち、赤色を受光する赤色固体撮像素子、青色を受光する青色固体撮像素子、及び、緑色を受光する緑色固体撮像素子のそれぞれにおいて、（P_{ab-1}，L_{ab}）の最適化が図られ、これによって、各固体撮像素子における更なる低光反射構造が達成されている。尚、実施例４にあっても、固体撮像

素子の配置はベイヤ配置としている。

【０１００】

以下、ＦＤＴＤ法に基づくシミュレーションにて、（P_{ab-1}，L_{ab}）と光反射率との関係を求めた結果を説明する。ここで、カラーフィルタ層８３を通過する光の中心波長を、それぞれ、４５０ｎｍ、５５０ｎｍ、６５０ｎｍとし、第２の方向における光吸収層７３の形成ピッチP_{ab-2}を１２０ｎｍ、第２の方向に沿った光吸収層の断片７３’の幅W_{ab}を４０ｎｍ、偏光素子埋込み材料層８８の屈折率を１．４５、アルミニウム（Ａｌ）から成る反射層７１の厚さを１００ｎｍ、SiO_2から成る絶縁層７２の厚さを２５ｎｍ、タングステン（Ｗ）から成る光吸収層７３の厚さを５０ｎｍとした。また、反射層７１の下地は、SiO_2層から成る。

【０１０１】

そして、ディユーティー比L_{ab}／P_{ab-1}の値を種々、変更し、評価する特性指標として、第１の方向に沿った反射率と第２の方向に沿った反射率の平均反射率を計算し、最適なL_{ab}／P_{ab-1}の値を求めた。但し、評価する特性指標は、これに限定するものではなく、消光比、第２の方向に沿った光透過率、あるいは、これらの複数を選択してもよく、重視しなければならないパラメータを適宜選択すればよい。

【０１０２】

図９の（Ａ）、（Ｂ）及び図１０にシミュレーション結果を、以下の表２に示す。横軸はL_{ab}／P_{ab-1}、つまり、ディユーティー比であり、更に、P_{ab-1}は波長毎に３水準（Ａ，Ｂ，Ｃ）振っている。縦軸は前述の平均反射率である。尚、図９の（Ａ）は波長４５０ｎｍにおけるシミュレーション結果であり、「Ａ」はP_{ab-1}＝２００ｎｍの結果を示し、「Ｂ」はP_{ab-1}＝２４０ｎｍの結果を示し、「Ｃ」はP_{ab-1}＝２８０ｎｍの結果を示す。また、図９の（Ｂ）は波長５５０ｎｍにおけるシミュレーション結果であり、「Ａ」はP_{ab-1}＝２５０ｎｍの結果を示し、「Ｂ」はP_{ab-1}＝３００ｎｍの結果を示し、「Ｃ」はP_{ab-1}＝３５０ｎｍの結果を示す。更には、図１０は波長６５０ｎｍにおけるシミュレーション結果であり、「Ａ」はP_{ab-1}＝３００ｎｍの結果を示し、「Ｂ」はP_{ab-1}＝３５０ｎｍの結果を示し、「Ｃ」はP_{ab-1}＝４００ｎｍの結果を示す。この結果から、以下の最適条件を得ることができた。このように、赤色、緑色、青色の各波長帯域での平均反射率を全て４％以下にすることが可能となる。

【０１０３】

［表２］

波長	P_{ab-1}	L_{ab}	平均反射率
４５０ｎｍ	２４０ｎｍ	１２０ｎｍ	４．０％
５５０ｎｍ	２５０ｎｍ	１５０ｎｍ	０．６％
６５０ｎｍ	３００ｎｍ	２１０ｎｍ	３．９％

【０１０４】

実施例４にあっては、光電変換素子８１とオンチップレンズ８４の間に、偏光素子７０が波長選択層（具体的には、カラーフィルタ層８３）より基体側に配置されており、偏光素子７０の形成はカラーフィルタ層形成前となるために、プロセス温度に制限を受け難い。更に、偏光素子７０は埋め込み材料層８８内に埋め込み形成されている。それ故、固体撮像装置をパッケージに実装する際に、厚さを調整するためのシリコン半導体基板の裏面切削、更に、その後のチップ切り離しのためのダイシング工程等における偏光素子へのダメージの発生を確実に防止することができる。また、固体撮像素子の信頼性確保の観点から、偏光素子を保護するために保護膜を形成することが好ましいが、実施例４にあっては、偏光素子埋込み材料層８８が形成されているので保護膜の形成は不要である。

【実施例５】

【０１０５】

実施例５は、本発明の撮像機器に関し、より具体的には、被写体を立体画像として撮像する固体撮像装置及び撮像方法に関する。実施例５の撮像機器にあっては、実施例１～実施例４において説明した固体撮像装置、固体撮像素子を適用することができる。

【０１０６】
実施例５の撮像機器（立体画像撮像装置）の概念図を図１１の（Ａ）に示し、第１偏光手段及び第２偏光手段における偏光の状態を模式的に図１１の（Ｂ）及び（Ｃ）に示し、レンズ系、第１偏光手段における第１領域及び第２偏光手段における第３領域を通過し、撮像素子アレイに到達する光の概念図を図１２の（Ａ）に示し、第１偏光手段における第２領域及び第２偏光手段における第４領域を通過し、撮像素子アレイに到達する光の概念図を図１２の（Ｂ）に示し、図１２の（Ａ）及び（Ｂ）に示した光によって撮像素子アレイに結像した画像を模式的に図１２の（Ｃ）及び（Ｄ）に示す。尚、以下の説明において、光の進行方向をＺ軸方向、Ｘ方向を水平方向（Ｘ軸方向）、Ｙ方向を垂直方向（Ｙ軸方向）とする。

【０１０７】
実施例５、あるいは、後述する実施例６～実施例１２の立体画像撮像装置は、
（Ａ）被写体からの光を偏光させる第１偏光手段１３０，２３０，３３０，４３０，５３０，６３０、
（Ｂ）第１偏光手段１３０，２３０，３３０，４３０，５３０，６３０からの光を集光するレンズ系２０、並びに、
（Ｃ）Ｘ方向（水平方向、Ｘ軸方向）、及び、Ｘ方向と直交するＹ方向（垂直方向、Ｙ軸方向）の２次元マトリクス状に固体撮像素子４１が配列されて成り、光入射側に第２偏光手段１５０，２５０を有し、レンズ系２０によって集光された光を電気信号に変換する撮像素子アレイ４０、
を具備している。

【０１０８】
そして、実施例５、あるいは、後述する実施例６～実施例１２の立体画像撮像装置において、
第１偏光手段１３０，２３０，３３０，４３０，５３０，６３０は、Ｘ方向（水平方向、Ｘ軸方向）に沿って配列された第１領域１３１，２３１，３３１，５３１，６３１及び第２領域１３２，２３２，３３２，５３２，６３２を有し、
第１領域１３１，２３１，３３１，５３１，６３１を通過した第１領域通過光$Ｌ_1$の偏光状態と、第２領域１３２，２３２，３３２，５３２，６３２を通過した第２領域通過光$Ｌ_2$の偏光状態とは異なり、
第２偏光手段１５０，２５０は、Ｙ方向（垂直方向、Ｙ軸方向）に沿って交互に配置され、Ｘ方向（水平方向、Ｘ軸方向）に延びる複数の第３領域１５１，２５１及び第４領域１５２，２５２を有し、
第３領域１５１，２５１を通過した第３領域通過光$Ｌ_3$の偏光状態と、第４領域１５２，２５２を通過した第４領域通過光$Ｌ_4$の偏光状態とは異なり、
第１領域通過光$Ｌ_1$は第３領域１５１，２５１を通過して固体撮像素子４１に到達し、第２領域通過光$Ｌ_2$は第４領域１５２，２５２を通過して固体撮像素子４１に到達し、以て、第１領域１３１，２３１，３３１，５３１，６３１の重心点$ＢＣ_1$と第２領域１３２，２３２，３３２，５３２，６３２の重心点$ＢＣ_2$との間の距離を両眼視差の基線長さとした立体画像を得るための画像を撮像する。

【０１０９】
ここで、実施例５、あるいは、後述する実施例６～実施例１２の立体画像撮像装置において、レンズ系２０は、例えば、撮影レンズ２１、絞り部２２及び結像レンズ２３を備えており、ズームレンズとして機能する。撮影レンズ２１は、被写体からの入射光を集光するためのレンズである。撮影レンズ２１は、焦点を合わせるためのフォーカスレンズや、被写体を拡大するためのズームレンズ等を含み、一般に、色収差等を補正するために複数枚のレンズの組合せによって実現されている。絞り部２２は、集光された光の量を調整するために絞り込む機能を有するものであり、一般に、複数枚の板状の羽根を組み合わせて構成されている。少なくとも絞り部２２の位置において、被写体の１点からの光は平行光となる。結像レンズ２３は、第１偏光手段１３０，２３０，３３０，４３０，５３０，６

３０を通過した光を撮像素子アレイ４０上に結像する。撮像素子アレイ４０は、カメラ本体部１１の内部に配置されている。以上の構成において、入射瞳は、結像レンズ２３よりもカメラ本体部側に位置する。立体画像撮像装置から、例えば、上述したとおり、デジタルスチルカメラやビデオカメラ、カムコーダが構成される。

【０１１０】

カメラ本体部１１は、撮像素子アレイ４０の他に、例えば、画像処理手段１２及び画像記憶部１３を備えている。そして、撮像素子アレイ４０によって変換された電気信号に基づき右眼用画像データ及び左眼用画像データが形成される。撮像素子アレイ４０は、例えば、上述したとおり、ＣＣＤ素子やＣＭＯＳイメージセンサー等によって実現される。画像処理手段１２は、撮像素子アレイ４０から出力された電気信号を、右眼用画像データ及び左眼用画像データに変換して、画像記憶部１３に記録する。

【０１１１】

第１偏光手段１３０，２３０，３３０，４３０，５３０，６３０は、レンズ系２０の絞り部２２の近傍に配置されている。具体的には、第１偏光手段１３０，２３０，３３０，４３０，５３０，６３０は、絞り部２２の作動に支障を来さない限り、出来るだけ絞り部２２に近い位置に配置されている。尚、第１偏光手段１３０，２３０，３３０，４３０，５３０，６３０は、上述したとおり、レンズ系２０に入射した光が、一旦、平行光とされ、最終的に固体撮像素子４１上に集光（結像）されるとき、平行光の状態にあるレンズ系２０の部分に配置されている。

【０１１２】

実施例５の立体画像撮像装置１１０において、第１偏光手段１３０は第１領域１３１及び第２領域１３２から構成されている。具体的には、第１偏光手段１３０の外形形状は円形であり、第１領域１３１及び第２領域１３２は、それぞれ、第１偏光手段１３０の半分を占める半月状の外形形状を有する。第１領域１３１と第２領域１３２との境界線は、Ｙ方向に沿って延びている。２つの偏光フィルタの組合せから成る第１偏光手段１３０は、入射した光を２つの異なる偏光状態に分離する。第１偏光手段１３０は、上述したとおり、左右対称の偏光子から構成されており、カメラの正立状態に対する左右２つの位置において、互いに直交する直線方向の偏光、又は、互いに逆方向となる回転方向の偏光を生成する。第１領域１３１は、被写体を右眼で見るであろう像（右眼が受けるであろう光）に対して偏光を施すフィルタである。一方、第２領域１３２は、被写体を左眼で見るであろう像（左眼が受けるであろう光）に対して偏光を施すフィルタである。

【０１１３】

ここで、実施例５の立体画像撮像装置１１０において、第１領域１３１及び第２領域１３２は偏光子から成る。そして、第１領域通過光$Ｌ_1$の電場の向き（白抜きの矢印で示す）と第２領域通過光$Ｌ_2$の電場の向き（白抜きの矢印で示す）とは直交している（図１１の（Ｂ）参照）。ここで、実施例５において、第１領域通過光$Ｌ_1$の電場の向きはＸ方向と平行である。具体的には、例えば、第１領域通過光$Ｌ_1$は主としてＰ波（ＴＭ波）を偏光成分として有し、第２領域通過光$Ｌ_2$は主としてＳ波（ＴＥ波）を偏光成分として有する。更には、第１領域通過光$Ｌ_1$の電場の向きと第３領域通過光$Ｌ_3$の電場の向き（白抜きの矢印で示す）とは平行であり、第２領域通過光$Ｌ_2$の電場の向きと第４領域通過光$Ｌ_4$の電場の向き（白抜きの矢印で示す）とは平行である（図１１の（Ｃ）参照）。また、各偏光子の消光比は、３以上、より具体的には１０以上である。

【０１１４】

実施例５の立体画像撮像装置１１０にあっては、第１偏光手段１３０の外形形状を半径ｒ＝１０ｍｍの円形とした。そして、第１領域１３１及び第２領域１３２を、第１偏光手段１３０の半分を占める半月状とした。従って、第１領域１３１の重心点$ＢＣ_1$と第２領域１３２の重心点$ＢＣ_2$との間の距離は、［（８ｒ）／（３π）］＝８．５ｍｍである。

【０１１５】

第３領域１５１及び第４領域１５２には、実施例１～実施例４において説明した偏光素子７０が設けられている。ここで、第３領域１５１を構成する偏光素子にあっては、第１

の方向（光吸収軸と平行な方向）はＹ方向と平行であり、第４領域１５２を構成する偏光素子にあっては、第１の方向はＸ方向と平行である。

【０１１６】

そして、実施例５の撮像方法にあっては、第３領域１５１を通過して固体撮像素子４１に到達した第１領域通過光$Ｌ_1$によって、右眼用画像データを得るための電気信号を固体撮像素子４１において生成する。また、第４領域１５２を通過して固体撮像素子４１に到達した第２領域通過光$Ｌ_2$によって、左眼用画像データを得るための電気信号を固体撮像素子４１において生成する。そして、これらの電気信号を、同時に、又は、時系列に交互に、出力する。出力された電気信号（撮像素子アレイ４０から出力された右眼用画像データ及び左眼用画像データを得るための電気信号）に対して、画像処理手段１２によって画像処理が施され、右眼用画像データ及び左眼用画像データとして画像記憶部１３に記録される。

【０１１７】

図１２の（Ａ）及び（Ｂ）に模式的に示すように、四角い形状の物体Ａにレンズ系２０のピントが合っているとする。また、丸い形状の物体Ｂが、物体Ａよりもレンズ系２０に近く位置しているとする。四角い物体Ａの像が、ピントが合った状態で撮像素子アレイ４０上に結像する。また、丸い物体Ｂ像は、ピントが合っていない状態で撮像素子アレイ４０上に結像する。そして、図１２の（Ａ）に示す例にあっては、撮像素子アレイ４０上では、物体Ｂは、物体Ａの右手側に距離（＋ΔＸ）だけ離れた位置に像を結ぶ。一方、図１２の（Ｂ）に示す例にあっては、撮像素子アレイ４０上では、物体Ｂは、物体Ａの左手側に距離（－ΔＸ）だけ離れた位置に像を結ぶ。従って、距離（２×ΔＸ）が物体Ｂの奥行きに関する情報となる。即ち、物体Ａよりも固体撮像装置に近い側に位置する物体のボケ量及びボケ方向は、固体撮像装置に遠い側に位置する物体のボケ量及びボケ方向と異なるし、物体Ａと物体Ｂとの距離によって物体Ｂのボケ量は異なる。そして、第１偏光手段１３０における第１領域１３１及び第２領域１３２の形状の重心位置の間の距離を両眼視差の基線長さとした立体画像を得ることができる。即ち、このようにして得られた右眼用画像（図１２の（Ｃ）の模式図参照）及び左眼用画像（図１２の（Ｄ）の模式図参照）から、周知の方法に基づき立体画像を得ることができる。尚、右眼用画像データと左眼用画像データとを混合すれば、立体画像ではない、通常の２次元（平面）画像を得ることができる。

【０１１８】

図１３に概念図を示すように、実施例５にあっては、撮像素子アレイ４０はベイヤ配列を有し、１画素は４つの固体撮像素子（赤色を受光する１つの赤色固体撮像素子Ｒ、青色を受光する１つの青色固体撮像素子Ｂ、及び、緑色を受光する２つの緑色固体撮像素子Ｇ）から構成されている。そして、Ｘ方向に沿って配列された１行の画素群に対して第３領域１５１が配置されており、同様に、この画素群にＹ方向に隣接し、Ｘ方向に沿って配列された１行の画素群に対して第４領域１５２が配置されている。第３領域１５１と第４領域１５２とは、Ｙ方向に沿って交互に配置されている。尚、第３領域１５１及び第４領域１５２は全体としてＸ方向に延びているが、第３領域１５１及び第４領域１５２のＸ方向及びＹ方向に沿った単位長さは、固体撮像素子４１のＸ方向及びＹ方向に沿った長さと等しい。そして、このような構成とすることで、主としてＰ波成分を有する光に基づくＸ方向に延びる帯状の画像（右眼用画像）、及び、主としてＳ波成分を有する光に基づくＸ方向に延びる帯状の画像（左眼用画像）が、Ｙ方向に沿って交互に生成される。尚、図１３において、第３領域１５１の内部に縦線を付し、第４領域１５２の内部に横線を付しているが、これらは、偏光素子における第２の方向（ストライプ状の反射層の繰り返し方向であり、ストライプ状の反射層の延びる方向と直交する方向であり、光透過軸である）を模式的に表しているし、図１６、図２０～図２４においても同様である。

【０１１９】

右眼用画像データ及び左眼用画像データのための電気信号は、上述したとおり、Ｙ方向に沿って、一種、歯抜け状態となって生成される。そこで、画像処理手段１２は、右眼用

画像データ及び左眼用画像データ作成のために、電気信号に対してデモザイク処理を施すと共に、例えば、超解像処理に基づく補間処理を行うことにより、最終的に右眼用画像データ及び左眼用画像データを生成、作成する。また、例えば、左眼用画像データと右眼用画像データからステレオマッチングによりデイスパリティ・マップ（Disparity Map）を作成するといった視差検出技術、及び、デイスパリティ・マップを基に視差を制御する視差制御技術により、視差を強調したり、適切化を図ることもできる。

【０１２０】

図１４に、固体撮像素子から得られた電気信号に対するデモザイク処理を行い、信号値を得る画像処理（モザイク処理）を説明するためのベイヤ配列を有する撮像素子アレイの概念図を示す。尚、図１４には、左眼用画像における緑色固体撮像素子に関する信号値を生成する例について示している。通常のデモザイク処理では、近傍の同一色の固体撮像素子の電気信号の平均値が用いられるのが一般的である。しかしながら、実施例５のように右眼用画像データを得るための画素群（画素行）と左眼用画像データを得るための画素群（画素行）とが交互に繰り返されている場合、そのまま、近傍の値を用いると本来の画像データが得られなくなる虞がある。そこで、参照される固体撮像素子の電気信号が右眼用画像データ及び左眼用画像データの何れに相当するものであるかを考慮した上で、デモザイク処理を行う。

【０１２１】

ベイヤ配列において、位置（４，２）には赤色固体撮像素子Ｒが配置されているものとする。このとき、位置（４，２）に相当する緑色固体撮像素子信号値ｇ’を生成するためには、次式によって表される演算を行う。

【０１２２】

$g'_{4,2}=(g_{4,1}+g_{4,3}+g_{5,2}+g_{1,2}\times W_3)/(3.0+W_3)$

【０１２３】

ここで、左辺の$g'_{i,j}$は、位置（ｉ，ｊ）における緑色固体撮像素子信号値である。また、右辺の$g_{i,j}$は、位置（ｉ，ｊ）における緑色固体撮像素子の電気信号の値である。更には、「３．０」は、注目固体撮像素子$G_{4,2}$に対する隣接固体撮像素子$G_{4,1}$，$G_{4,3}$，$G_{5,2}$への距離（W_1）をそれぞれ例えば「１．０」としたとき、その逆数を重みとして、それら重みの総和に対応するものである。W_3は、同様に、３固体撮像素子分だけ離れた固体撮像素子$G_{1,2}$の電気信号の値に対する重みであり、この場合、「１／３」である。上式を一般化すると、次式のようになる。

【０１２４】

ｉが偶数の場合（赤色固体撮像素子Ｒの位置に相当する緑色固体撮像素子Ｇの信号値）；

$g'_{i,j}=(g_{i,j-1}\times W_1+g_{i,j+1}\times W_1+g_{i+1,j}\times W_1+g_{i-3,j}\times W_3)/(W_1\times 3.0+W_3)$

ｉが奇数の場合（青色固体撮像素子Ｂの位置に相当する緑色固体撮像素子Ｇの信号値）；

$g'_{i,j}=(g_{i,j-1}\times W_1+g_{i,j+1}\times W_1+g_{i-1,j}\times W_1+g_{i+3,j}\times W_3)/(W_1\times 3.0+W_3)$

ここで、$W_1=1.0$，$W_3=1/3$である。

【０１２５】

赤色固体撮像素子Ｒ及び青色固体撮像素子Ｂについても、同様の考え方によりデモザイク処理を行うことができる。

【０１２６】

デモザイク処理により各固体撮像素子位置における固体撮像素子信号値を得ることができるが、この段階では、上述したとおり、一種、歯抜け状態となっている。そのため、固体撮像素子信号値が存在しない領域に対して、固体撮像素子信号値を補間により生成する必要がある。補間の手法としては、近傍の値の加算平均値を利用する方法等、周知の方法を挙げることができる。尚、この補間処理は、デモザイク処理と並行して行ってもよい。Ｘ方向においては画質は完全に保持されているので、画像全体の解像度低下等の画質劣化は比較的少ない。

【０１２７】
実施例５においては、１組の第１偏光手段１３０及び第２偏光手段１５０並びに１つのレンズ系２０から立体画像撮像装置１１０が構成されているので、例えば左右に分離された２つの異なる画像を同時に生成させることができ、単眼で、簡素な構成、構造を有し、構成部品の少ない、小型の立体画像撮像装置を提供することができる。また、レンズ及び偏光フィルタの組合せを２組、必要としないので、ズーム、絞り部、フォーカス、輻輳角等にズレや差異が生じることもない。しかも、両眼視差の基線長さが比較的短いので、自然な立体感を得ることができる。更には、第１偏光手段１３０を脱着させ得る構造とすれば、容易に、２次元画像及び３次元画像を得ることができる。

【実施例６】

【０１２８】
実施例６は実施例５の変形である。実施例５にあっては、第１領域通過光L_1の電場の向きをＸ方向と平行とした。一方、実施例６にあっては、第１領域通過光L_1の電場の向きはＸ方向と４５度の角度を成す。即ち、偏光素子におけるストライプ状の反射層の延びる方向（第１の方向）は、複数の固体撮像素子の配列方向と４５度の角度を成す。実施例６の立体画像撮像装置に備えられた第１偏光手段２３０及び第２偏光手段２５０における偏光の状態を、模式的に図１５の（Ａ）及び（Ｂ）に示す。

【０１２９】
ベイヤ配列を有する撮像素子アレイ４０の概念図を図１６に示す。実施例６にあっても、撮像素子アレイ４０は、１画素は４つの固体撮像素子（赤色を受光する１つの赤色固体撮像素子Ｒ、青色を受光する１つの青色固体撮像素子Ｂ、及び、緑色を受光する２つの緑色固体撮像素子Ｇ）から構成されている。そして、Ｘ方向に沿って配列された１行の画素群に対して第３領域２５１が配置されており、同様に、この画素群にＹ方向に隣接し、Ｘ方向に沿って配列された１行の画素群に対して第４領域２５２が配置されている。第３領域２５１と第４領域２５２とは、Ｙ方向に沿って交互に配置されている。尚、第３領域２５１及び第４領域２５２は全体としてＸ方向に延びているが、第３領域２５１及び第４領域２５２の単位長さは、１固体撮像素子分の長さと等しい。そして、このような構成とすることで、主としてＰ波成分を有する光に基づくＸ方向に延びる帯状の画像（右眼用画像）、及び、主としてＳ波成分を有する光に基づくＸ方向に延びる帯状の画像（左眼用画像）が、Ｙ方向に沿って交互に生成される。尚、図１６において、第３領域２５１及び第４領域２５２の内部に斜め線を付しているが、これらは、偏光素子の反射層を模式的に表している。

【０１３０】
これらの点を除き、実施例６の立体画像撮像装置の構成、構造は、実施例５にて説明した立体画像撮像装置１１０の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。実施例６における立体画像撮像装置の構成、構造を、後述する実施例７～実施例１２における立体画像撮像装置に対して適用することができる。

【実施例７】

【０１３１】
実施例７も実施例５の変形である。実施例７の立体画像撮像装置にあっては、第１偏光手段３３０において、第１領域３３１と第２領域３３２との間に中央領域３３３が設けられており、中央領域３３３を通過した中央領域通過光の偏光状態は、中央領域３３３への入射前と変化しない。即ち、中央領域３３３は、偏光に関して素通し状態である。

【０１３２】
ところで、入射した光が第１偏光手段を通過する際に、その光量は分光特性と消光比に比例して減少し、暗くなる。ここで、消光比とは、偏光子が選択して通過する光の量と、偏光子が選択せず、反射又は吸収する光の漏れこみ量の比である。具体的には、例えば、消光比１０のＰ波成分を通過させる偏光子の場合、
Ｐ波成分：Ｓ波成分＝５０：５０
の入射自然光の強度１００に対して、この偏光子は、Ｐ波成分を５０、Ｓ波成分を５の割

合で透過する。また、消光比∞のＰ波成分を通過させる偏光子の場合、Ｐ波成分を１００％透過し、Ｓ波成分を全反射し、又は、完全に吸収し、透過させないので、平均的な自然光が入射した場合、約１／２の明るさになる。図１１の（Ｂ）及び（Ｃ）に示した第１偏光手段１３０及び第２偏光手段１５０を通過した光の光量は、透過損失がゼロとしても、第１偏光手段１３０に入射する前の光の光量の約２５％となってしまう。また、第１領域及び第２領域を通過した光が、混ざった状態になり、分離できない状態で撮像素子アレイ４０に入射した場合、混ざった割合に比例して両眼視差の基線長さが短くなり、完全に混ざった状態では左眼用画像と右眼用画像が同一の画像となり、視差が取れず、立体視することができなくなる。

【０１３３】

第１偏光手段３３０の中央領域３３３にあっては、光強度が強いが、視差量は少ない。従って、実施例７の第１偏光手段３３０を採用することで、撮像素子アレイ４０が受ける光強度を大きくしながら、十分な長さの両眼視差の基線長さを確保することが可能となる。図１７の（Ａ）に第１偏光手段３３０の模式図を示すように、第１偏光手段３３０の外形形状を円形としたとき、中央領域３３３を円形とし、第１領域３３１及び第２領域３３２を、中央領域３３３を囲む中心角１８０度の扇形とすることができる。あるいは又、図１７の（Ｂ）、（Ｃ）に第１偏光手段３３０の模式図を示すように、中央領域３３３を菱形や正方形とし、第１領域３３１及び第２領域３３２を、中央領域３３３を囲む中心角１８０度の扇形に類似した形状とすることができる。あるいは又、図１７の（Ｄ）に第１偏光手段３３０の模式図を示すように、第１領域３３１、中央領域３３３及び第２領域３３２を、Ｙ方向に沿って延びる帯状の形状とすることができる。

【０１３４】

これらの点を除き、実施例７の立体画像撮像装置の構成、構造は、実施例５にて説明した立体画像撮像装置１１０の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。実施例７における立体画像撮像装置の構成、構造を、後述する実施例８～実施例１２における立体画像撮像装置に対して適用することができる。

【実施例８】

【０１３５】

実施例８も実施例５の変形である。実施例８の立体画像撮像装置４１０の概念図を図１８に示す。実施例８の立体画像撮像装置４１０にあっては、第１偏光手段４３０の光入射側に、四分の一波長板（λ／４波長板）４３３が配置されており、これによって、所謂視野闘争の発生を回避することができる。四分の一波長板４３３は、レンズ系に設けられたフィルタ取付部に、着脱自在に取り付ければよい。四分の一波長板４３３を通過した光は偏光方向が揃った状態（直線偏光の状態）となる。そして、このような光が第１領域１３１及び第３領域１５１を通過して撮像素子アレイ４０に到達して得られた画像と、第２領域１３２及び第４領域１５２を通過して撮像素子アレイ４０に到達して得られた画像とにあっては、Ｐ波成分は反射するがＳ波成分は吸収する被写体の部分の画像の間に大きな相違が生じなくなり、視野闘争の発生を回避することができる。尚、四分の一波長板４３３の速軸は、実施例１あるいは実施例２において説明した立体画像撮像装置において、第１領域通過光の電場の向きと所定の角度（具体的には、４５度の角度あるいは４５度±１０度の角度）を成すことが好ましい。

【実施例９】

【０１３６】

実施例９も実施例５の変形である。実施例９の立体画像撮像装置５１０の概念図を図１９の（Ａ）に示し、第１偏光手段及び第２偏光手段における偏光の状態を模式的に図１９の（Ｂ）及び（Ｃ）に示す。実施例９の立体画像撮像装置５１０においては、視野闘争の発生を回避するために、第１偏光手段５３０の光入射側には、α度の偏光軸を有する偏光板５３４が配置されている。また、第１領域５３１は第１波長板から成り、第２領域５３２は第２波長板から成り、第１領域通過光$Ｌ_1$の電場の向きと第２領域通過光$Ｌ_2$の電場の向きとは直交している。より具体的には、αの値は４５度であり、第１領域５３１を構成

する第１波長板は半波長板（＋λ／２波長板）から成り、第２領域５３２を構成する第２波長板は、第１波長板を構成する半波長板とは位相差の異なる半波長板（－λ／２波長板）から成る。これによって、第１領域通過光$Ｌ_1$の電場の向きはＸ方向と平行となり、第２領域通過光$Ｌ_2$の電場の向きはＹ方向と平行となる。尚、偏光板５３４はレンズ系に固定しておく。

【実施例１０】

【０１３７】

実施例１０も実施例５の変形である。図２０に、ベイヤ配列を有する撮像素子アレイの概念図を示すように、実施例１０の立体画像撮像装置にあっては、Ｙ方向に沿ってＮ個の画素（但し、$Ｎ＝２^n$であり、ｎは１乃至５の自然数であり、実施例１０にあっては、具体的には、ｎ＝３）に対して１つの第３領域１５１及び１つの第４領域１５２が配されている。そして、第３領域１５１を通過した第１領域通過光によって得られる電気信号及び第４領域１５２を通過した第２領域通過光によって得られる電気信号から生成された視差量に基づくデプスマップ（奥行き情報）、並びに、撮像素子アレイ４０を構成する全固体撮像素子４１からの電気信号に基づき、右眼用画像を得るための電気信号及び左眼用画像を得るための電気信号を得るが、係る方法それ自体は周知の方法とすることができる。尚、第３領域及び第４領域を配置した固体撮像素子と配置していない固体撮像素子の全てを含む全電気信号に基づきデモザイク処理を行ってもよいし、第３領域及び第４領域を配置した固体撮像素子群の行を間引いた部分を超解像処理により補間して画像データを生成することも可能である。また、画像の画質・画素数に対して、デプスマップの画質・画素数は、１：１である必要はない。これは、殆どの撮影場面において、個々の被写体は、画素分解能に比べて十分大きく、個々の被写体に、画素分解能と同じ細かさの距離差がない限り、画像の画素分解能と同じ距離情報分解能が必要になることはないためである。また、距離差の感覚において、横方向の分解能が十分あれば、縦方向の分解能が低くても違和感は少ない。

【０１３８】

あるいは又、実施例１０の立体画像撮像装置の変形例１におけるベイヤ配列を有する撮像素子アレイの概念図を図２１に示すが、Ｘ方向に沿って２個の画素に対して１つの第３領域１５１及び１つの第４領域１５２を配する構成とすることができる。尚、図２１に示す例にあっては、第３領域１５１及び第４領域１５２は千鳥状（市松模様状）に配置されている。即ち、Ｙ方向に沿って、第３領域１５１の一方の境界において第４領域１５２と隣接しているが、第３領域１５１の他方の境界においては第４領域１５２と隣接していない。

【０１３９】

あるいは又、実施例１０の立体画像撮像装置の変形例２におけるベイヤ配列を有する撮像素子アレイの概念図を図２２に示すが、赤色を受光する赤色固体撮像素子Ｒ及び青色を受光する青色固体撮像素子Ｂには第３領域１５１及び第４領域１５２を配置せず、緑色を受光する２つの緑色固体撮像素子Ｇの一方に第３領域１５１を配し、他方に第４領域１５２を配してもよい。また、実施例１０の立体画像撮像装置の変形例３におけるベイヤ配列を有する撮像素子アレイの概念図を図２３に示すが、緑色を受光する２つの緑色固体撮像素子Ｇの一方に第３領域１５１を配し、他方に第４領域１５２を配し、しかも、Ｙ方向に沿ってＮ個の画素（但し、$Ｎ＝２^n$であり、図示した例では、ｎ＝２）に対して１つの第３領域１５１及び１つの第４領域１５２が配されている構成としてもよい。また、図２４に示すように、第３領域１５１及び第４領域１５２を千鳥状（市松模様状）に配置してもよい。

【実施例１１】

【０１４０】

実施例１１は、実施例５～実施例７、実施例９～実施例１０の立体画像撮像装置の変形を含む。実施例１１の固体撮像装置の概念図を図２５の（Ａ）に示し、四分の一波長板の概念図を図２５の（Ｂ）に示し、第１偏光手段における偏光の状態を模式的に図２５の（

Ｃ）に示し、偏光手段（第２偏光手段）における偏光の状態を模式的に図２５の（Ｄ）に示す。

【０１４１】

実施例１１の固体撮像装置６１０は、

（Ａ）四分の一波長板６３３、

（Ｂ）四分の一波長板６３３からの光を集光するレンズ系２０、並びに、

（Ｃ）Ｘ方向（水平方向、Ｘ軸方向）、及び、Ｘ方向と直交するＹ方向（垂直方向、Ｙ軸方向）の２次元マトリクス状に固体撮像素子４１が配列されて成り、光入射側に偏光手段１５０，２５０を有し、レンズ系２０によって集光された光を電気信号に変換する撮像素子アレイ４０、

を具備している。このような簡素な構成、構造を有する実施例１１の固体撮像装置により通常の２次元画像を容易に撮像することができるし、このような構成、構造を有する実施例１１の固体撮像装置を実施例５～実施例７、実施例９～実施例１０の立体画像撮像装置に容易に組み込むことができ、これによって、立体画像を撮影するだけでなく、通常の２次元画像を、容易に、高画質にて撮影することが可能となる。

【０１４２】

ここで、偏光手段１５０，２５０は、Ｙ方向（垂直方向、Ｙ軸方向）に沿って交互に配置され、Ｘ方向（水平方向、Ｘ軸方向）に延びる複数の第１領域１５１，２５１及び第２領域１５２，２５２を有し、

第１領域１５１，２５１を通過した第１領域通過光の偏光状態と、第２領域１５２，２５２を通過した第２領域通過光の偏光状態とは異なり、

四分の一波長板６３３の速軸（図２５の（Ｂ）、図２６の（Ａ）、（Ｄ）、（Ｅ）にあっては、黒色の矢印で示す）は、第１領域通過光の電場の向きと所定の角度を成す。所定の角度は４５度あるいは４５度±１０度である。以下においても同様である。また、第１領域通過光の電場の向きと第２領域通過光の電場の向きとは直交している。第１領域通過光の電場の向きはＸ方向と平行であり（図２５の（Ｄ）参照）、あるいは又、第１領域通過光）の電場の向きはＸ方向と４５度の角度を成す（図２６の（Ｃ）参照）。四分の一波長板６３３は、例えば、レンズの絞り羽根に類似した構成、構造を有し、レンズ系２０内に配置されている。

【０１４３】

尚、以上に説明した実施例１１の固体撮像装置６１０における偏光手段１５０，２５０は、実施例５～実施例７、実施例９～実施例１０の立体画像撮像装置における第２偏光手段１５０，２５０に該当し、偏光手段１５０，２５０における複数の第１領域１５１，２５１及び第２領域１５２，２５２は、実施例５～実施例７、実施例９～実施例１０の立体画像撮像装置における第３領域１５１，２５１及び第４領域１５２，２５２に該当する。以下の説明において、混乱を招かないために、「第２偏光手段１５０，２５０」に用語を統一し、また、実施例１１の固体撮像装置６１０における偏光手段１５０，２５０（実施例５～実施例７、実施例９～実施例１０の立体画像撮像装置における第３領域１５１，２５１及び第４領域１５２，２５２）を、「第５領域１５１，２５１」、「第６領域１５２，２５２」と表現する。

【０１４４】

あるいは又、実施例１１の固体撮像装置６１０において、第１偏光手段６３０の光入射側には四分の一波長板６３３が配置されており、四分の一波長板６３３の速軸は、第１領域通過光$Ｌ_1$の電場の向きと所定の角度を成す。尚、第１領域通過光$Ｌ_1$の電場の向きと第３領域通過光$Ｌ_3$の電場の向きとは平行であり、第２領域通過光$Ｌ_2$の電場の向きと第４領域通過光$Ｌ_4$の電場の向きとは平行である。

【０１４５】

尚、実施例１２において説明するように、

四分の一波長板６３３は、Ｙ方向に沿って配列された第１の四分の一波長板６３３Ａ及び第２の四分の一波長板６３３Ｂから成り、

第１の四分の一波長板６３３Ａの速軸は、第５領域通過光の電場の向きと所定の角度を成し、
第２の四分の一波長板６３３Ｂの速軸は、第１の四分の一波長板６３３Ａの速軸と直交している（云い換えれば、第１の四分の一波長板６３３Ａの遅軸と平行である）形態とすることができる。そして、このような形態を含む実施例１１の固体撮像装置において、所定の角度は４５度あるいは４５度±１０度である形態とすることができ、更には、これらの形態を含む実施例１１の固体撮像装置にあっては、第５領域通過光の電場の向きと第６領域通過光の電場の向きとは直交している形態とすることができ、この場合、第５領域通過光の電場の向きはＸ方向と平行である形態とすることができるし、あるいは又、第５領域通過光の電場の向きはＸ方向と４５度の角度を成す形態とすることができる。更には、これらの形態を含む実施例１１の固体撮像装置において、四分の一波長板はレンズ系に脱着自在に取り付けられている形態とすることができる。

【０１４６】

あるいは又、実施例１１の固体撮像装置６１０を実施例５～実施例７、実施例９～実施例１０の立体画像撮像装置に適用する場合、
第１偏光手段６３０の光入射側には、四分の一波長板６３３が配置されており、
四分の一波長板６３３の速軸は、第１領域通過光$Ｌ_1$の電場の向きと所定の角度を成す形態とすることができるし、あるいは又、実施例１２において説明するように、
四分の一波長板６３３は、Ｙ方向に沿って配列された第１の四分の一波長板６３３Ａ及び第２の四分の一波長板６３３Ｂから成り、
第１の四分の一波長板６３３Ａの速軸は、第１領域通過光$Ｌ_1$の電場の向きと所定の角度を成し、
第２の四分の一波長板６３３Ｂの速軸は、第１の四分の一波長板６３３Ａの速軸と直交している（云い換えれば、第１の四分の一波長板６３３Ａの遅軸と平行である）形態とすることができ、これらの形態において、所定の角度は４５度あるいは４５度±１０度である形態とすることができ、更には、これらの形態にあっては、
第１領域通過光$Ｌ_1$の電場の向きと第３領域通過光$Ｌ_3$の電場の向きとは平行であり、
第２領域通過光$Ｌ_2$の電場の向きと第４領域通過光$Ｌ_4$の電場の向きとは平行である形態とすることができる。更には、これらの形態において、
第１偏光手段６３０はレンズ系２０に脱着自在に取り付けられており、
四分の一波長板６３３はレンズ系２０に脱着自在に取り付けられている形態とすることができる。そして、更には、これらの形態において、四分の一波長板６３３０は第１偏光手段６３０に隣接して、例えば第１偏光手段６３０の光入射側に配設されている形態とすることができる。

【０１４７】

実施例１１の固体撮像装置６１０において、第１偏光手段６３０はレンズ系２０に脱着自在に取り付けられており、四分の一波長板６３３もレンズ系２０に脱着自在に取り付けられている。四分の一波長板６３３は第１偏光手段６３０に隣接して配設されている。図２５の（Ａ）にあっては、光入射側から、四分の一波長板６３３及び第１偏光手段６３０の順に図示したが、場合によっては、第１偏光手段６３０及び四分の一波長板６３３の順に配置してもよい。光入射側から四分の一波長板６３３及び第１偏光手段６３０の順に配置し、四分の一波長板６３３及び第１偏光手段６３０をレンズ系に配することで３次元画像（立体画像）を撮像することができるし、あるいは又、第１偏光手段６３０をレンズ系に配し、且つ、四分の一波長板６３３をレンズ系から外すことで３次元画像（立体画像）を撮像することができるし、四分の一波長板６３３をレンズ系に配し、第１偏光手段６３０をレンズ系から外すことで２次元画像を撮像することができる。一方、光入射側から第１偏光手段６３０及び四分の一波長板６３３の順に配置し、第１偏光手段６３０をレンズ系に配し、四分の一波長板６３３をレンズ系から外すことで３次元画像（立体画像）を撮像することができるし、四分の一波長板６３３をレンズ系に配し、第１偏光手段６３０をレンズ系から外すことで２次元画像を撮像することができる。図２５の（Ｂ）に右上４５

度方向に延びる黒色の矢印で示した四分の一波長板６３３の速軸は、このような方向に限定するものではなく、左上４５度方向に延びていてもよい。また、図２６の（Ａ）、（Ｂ）及び（Ｃ）のそれぞれに、実施例１１の固体撮像装置における四分の一波長板の概念図、第１偏光手段における偏光の状態、偏光手段（第２偏光手段）における偏光の状態の変形例を図示するが、この例は、図１５に示した実施例６の変形である。

【０１４８】

尚、四分の一波長板６３３をレンズ系２０に脱着自在に取り付けるには、例えば、上述したとおり、四分の一波長板６３３をレンズの絞り羽根に類似した構成、構造とし、レンズ系内に配置すればよい。あるいは又、レンズ系２０において、四分の一波長板６３３と開口部とが併設された部材を、レンズ系２０の光軸と平行な回動軸を中心として回動可能にこの回動軸に取り付け、係る部材を回動軸を中心として回動させることで、レンズ系２０を通過する光線が開口部を通過し、あるいは、四分の一波長板６３３を通過する構成、構造を挙げることができる。あるいは又、レンズ系２０において、四分の一波長板６３３と開口部とが併設された部材を、例えばレンズ系２０の光軸と直交する方向に滑動自在にレンズ系に取り付け、係る部材を滑動させることで、レンズ系２０を通過する光線が開口部を通過し、あるいは、四分の一波長板６３３を通過する構成、構造を挙げることができる。尚、この場合、四分の一波長板６３３を複数の部材から構成し、各部材をレンズ系２０の光軸と直交する方向に滑動自在とする構成を採用してもよい。

【０１４９】

第１偏光手段６３０をレンズ系２０から外し、通常の２次元画像の撮影を試みた場合、固体撮像装置に入射する光が直線偏光を含んでいると、第５領域１５１，２５１を通過した光の強度と、第６領域１５２，２５２を通過した光の強度との間に、差が生じ、得られた２次元画像には、縞状の光の濃淡が生じる場合がある。実施例１１の固体撮像装置にあっては、速軸が、第３領域通過光の電場の向きと所定の角度（具体的には、４５度あるいは４５度±１０度）を成す四分の一波長板６３３が組み込まれるので、四分の一波長板６３３に入射した直線偏光の光は円偏光状態の光となって四分の一波長板６３３から出射される。従って、第５領域１５１，２５１を通過した光の強度と、第６領域１５２，２５２を通過した光の強度との間に、差が生じ難く、得られた２次元画像には、縞状の光の濃淡が生じる虞が無い。

【実施例１２】

【０１５０】

実施例１２は、実施例１１の変形である。実施例１２の固体撮像装置における四分の一波長板の概念図を図２６の（Ｄ）あるいは図２６の（Ｅ）に示すように、実施例１２において、四分の一波長板６３３は、Ｙ方向に沿って配列された第１の四分の一波長板６３３Ａ及び第２の四分の一波長板６３３Ｂから成る。第１の四分の一波長板６３３Ａと第２の四分の一波長板６３３Ｂとは一体化されている。そして、第１の四分の一波長板６３３Ａの速軸は、第３領域通過光の電場の向きと所定の角度を成し、第２の四分の一波長板６３３Ｂの速軸は、第１の四分の一波長板６３３Ａの速軸と直交している。云い換えれば、第１の四分の一波長板６３３Ａの遅軸と平行である。ここで、所定の角度は４５度あるいは４５度±１０度である。尚、図２６の（Ｄ）に示した例は、図２５の（Ｂ）に示した例の変形であり、図２６の（Ｅ）に示した例は、図２６の（Ａ）に示した例の変形である。以上の点を除き、実施例１２の固体撮像装置は、実施例１１の固体撮像装置と同様の構成、構造を有するので、詳細な説明は省略する。四分の一波長板６３３を第１の四分の一波長板６３３Ａ及び第２の四分の一波長板６３３Ｂから構成することで、第５領域１５１，２５１を通過した光の強度と、第６領域１５２，２５２を通過した光の強度との間に、より差が生じ難くなる。

【０１５１】

以上、本発明を好ましい実施例に基づき説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。実施例において説明した偏光素子、固体撮像素子、固体撮像装置、撮像機器の構成、構造は例示であり、適宜、変更することができる。例えば、固体撮像素子

を、シリコン半導体基板に設けられた光電変換素子、並びに、その上に、第１平坦化膜、オンチップレンズ、第２平坦化膜、カラーフィルタ層、無機絶縁下地層、及び、本発明における偏光素子が積層されて成る構成とすることもできる。また、固体撮像素子を、裏面照射型とするだけでなく、表面照射型としてもよい。

【０１５２】

右眼用画像データ及び左眼用画像データに基づき立体画像を表示するが、係る表示方式として、例えば、２台のプロジェクタに円偏光又は直線偏光フィルタを取り付けて左右眼用の画像をそれぞれ表示し、表示に対応した円偏光又は直線偏光眼鏡で画像を観察する方式、レンチキュラーレンズ方式、パララックスバリア方式を挙げることができる。尚、円偏光又は直線偏光眼鏡を使用することなく画像を観察すると、通常の２次元（平面）画像を観察することができる。また、以上に説明した処理手順は、これら一連の手順を有する方法として捉えてもよく、また、これら一連の手順をコンピュータに実行させるためのプログラムあるいはプログラムを記憶する記録媒体として捉えてもよい。記録媒体として、例えば、ＣＤ（Compact Disc）、ＭＤ（MiniDisc）、ＤＶＤ（Digital Versatile Disk）、メモリカード、ブルーレイディスク（Blu-ray Disc（登録商標））等を用いることができる。

【０１５３】

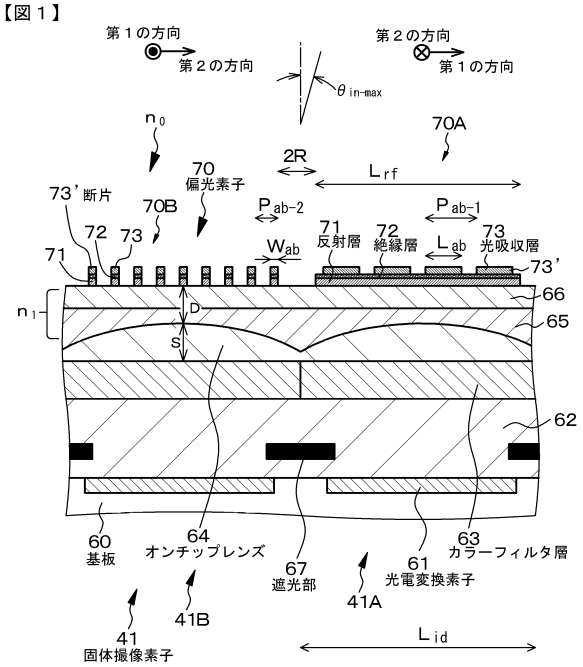
あるいは又、実施例にて説明した偏光素子を透明な基板や基体上に形成し、テレビ受像機等の画像表示装置において、右目用、左目用の画素群に２種類の偏光素子を割り当てれば、立体視用の画像を得ることができる。あるいは又、１枚の画像に複数の画像を含ませることで、例えば、複数の人間が複数の異なる画像（番組）を同時に見ることも可能である。また、ＤＶＤやブルーレイ（Ｂｌｕ－ｒａｙ）光ディスクシステムにおける光ピックアップにおいて、記録媒体に縦偏光用の凹凸構造、横偏光用の凹凸構造を２層にて作り込み、縦横２種類に偏光したレーザを用いることで、同じサイズで２倍の情報記録が可能になる。また、光通信機器等への転用も可能である。

【符号の説明】

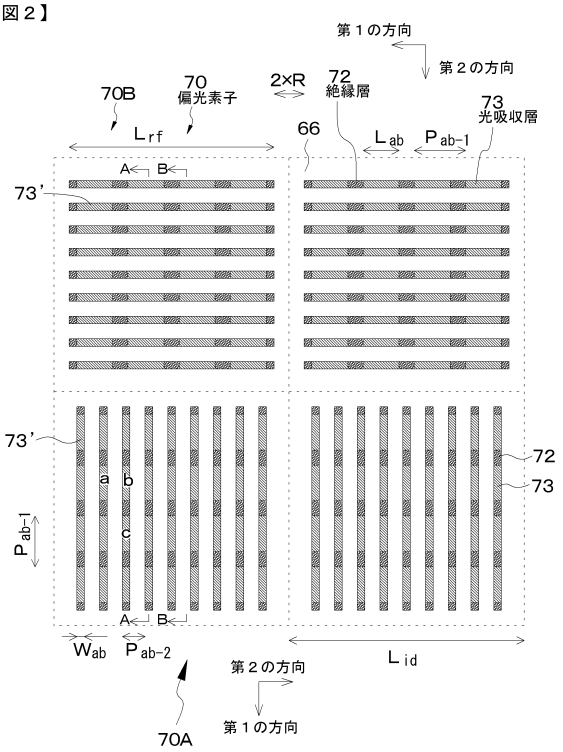
【０１５４】

１１０，４１０，５１０・・・立体画像撮像装置、６１０・・・固体撮像装置、１１・・・カメラ本体部、１２・・・画像処理手段、１３・・・画像記憶部、２０・・・レンズ系、２１・・・撮影レンズ、２２・・・絞り部、２３・・・結像レンズ、１３０，２３０，３３０，４３０，５３０，６３０・・・第１偏光手段、１３１，２３１，３３１，５３１，６３１・・・第１領域、１３２，２３２，３３２，５３２，６３２・・・第２領域、３３３・・・中央領域、４３３，６３３・・・四分の一波長板（λ／４波長板）、６３３Ａ・・・第１の四分の一波長板（λ／４波長板）、６３３Ｂ・・・第２の四分の一波長板（λ／４波長板）、５３４・・・偏光板、４０・・・撮像素子アレイ、４１・・・固体撮像素子、１５０，２５０・・・第２偏光手段（偏光手段）、１５１，２５１・・・第３領域（第５領域）、１５２，２５２・・・第４領域（第６領域）、６０・・・シリコン半導体基板、６１，８１・・・光電変換素子、６２・・・第１平坦化膜、６３，８３・・・波長選択層（カラーフィルタ層）、６４，８４・・・オンチップレンズ、６５・・・平坦化層（第２平坦化膜）、６６・・・層間絶縁層（無機絶縁下地層）、６７・・・遮光部、６８・・・遮光層、７０・・・偏光素子、７１・・・反射層、７１Ａ・・・反射層形成層、７２・・・絶縁層、７２Ａ・・・絶縁層形成層、７３・・・光吸収層、７３’・・・光吸収層の断片、７３Ａ・・・光吸収層形成層、７４・・・保護膜、８２・・・層間絶縁層（第１平坦化膜）、８８・・・偏光素子埋込み材料層、８９・・・第２平坦化膜

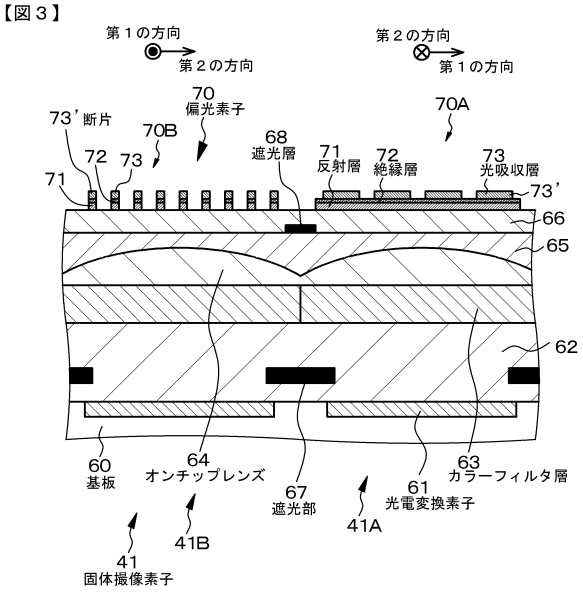
【図１】


第１の方向
第２の方向
第２の方向
第１の方向
θ in-max
n0
70A
2R
Lrf
70
偏光素子
73’断片
70B
Pab-2
Pab-1
71
72
73
Wab
反射層
絶縁層
Lab
光吸収層
73’
66
n1
D
65
S
62
60
基板
64
オンチップレンズ
67
遮光部
61
光電変換素子
63
カラーフィルタ層
41A
41B
41
固体撮像素子
Lid

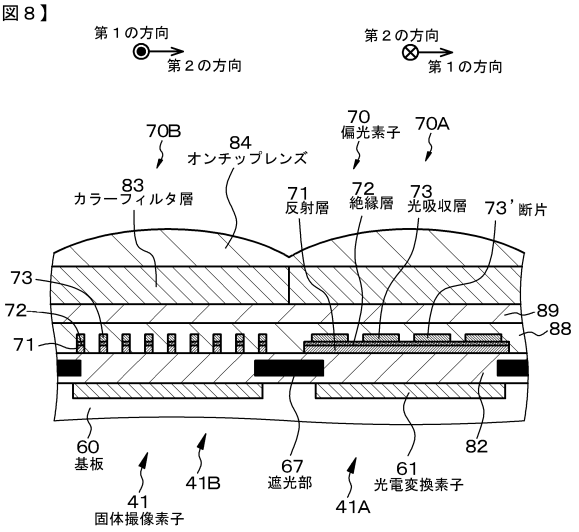
【図２】


第１の方向
第２の方向
70B
70
偏光素子
2×R
72
絶縁層
73
光吸収層
Lrf
66
Lab
Pab-1
A
B
73’
a
b
c
72
73
Pab-1
Wab
Pab-2
Lid
第２の方向
第１の方向
70A

【図３】

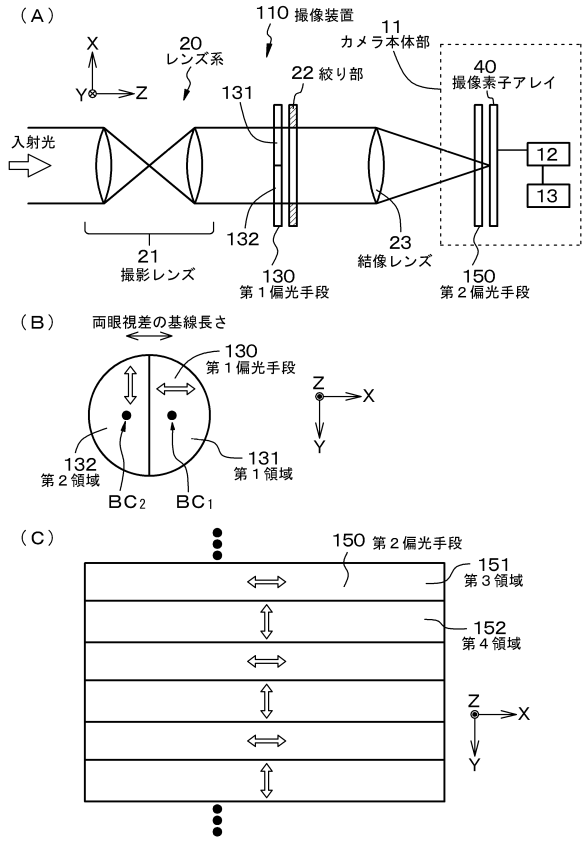

第１の方向
第２の方向
第２の方向
第１の方向
70
偏光素子
70A
73’断片
70B
68
遮光層
71
反射層
72
絶縁層
73
光吸収層
73’
66
65
62
60
基板
64
オンチップレンズ
67
遮光部
61
光電変換素子
63
カラーフィルタ層
41A
41B
41
固体撮像素子

【図８】


第１の方向
第２の方向
第２の方向
第１の方向
70B
84
オンチップレンズ
70
偏光素子
70A
83
カラーフィルタ層
71
反射層
72
絶縁層
73
光吸収層
73’断片
73
72
71
89
88
60
基板
41
固体撮像素子
41B
67
遮光部
41A
61
光電変換素子
82

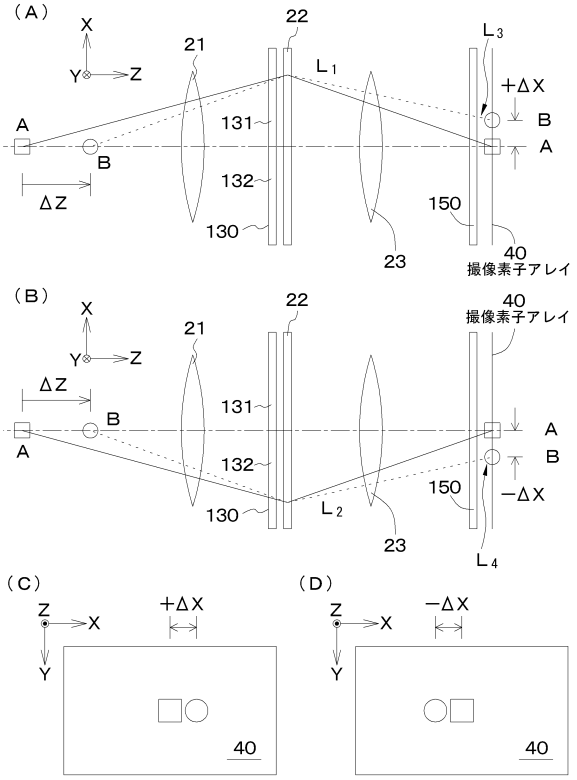
【図１１】

【図１１】［実施例５］



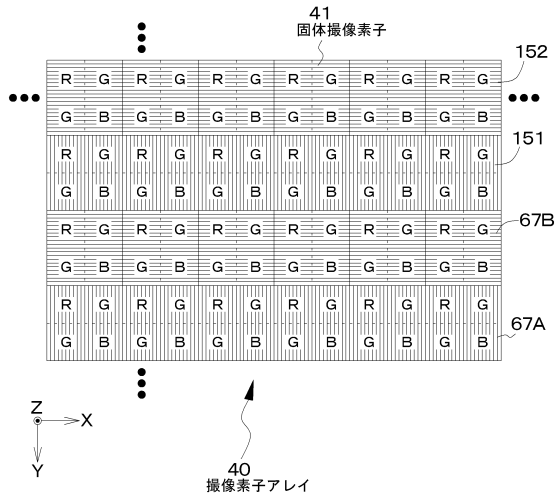
【図１２】

【図１２】



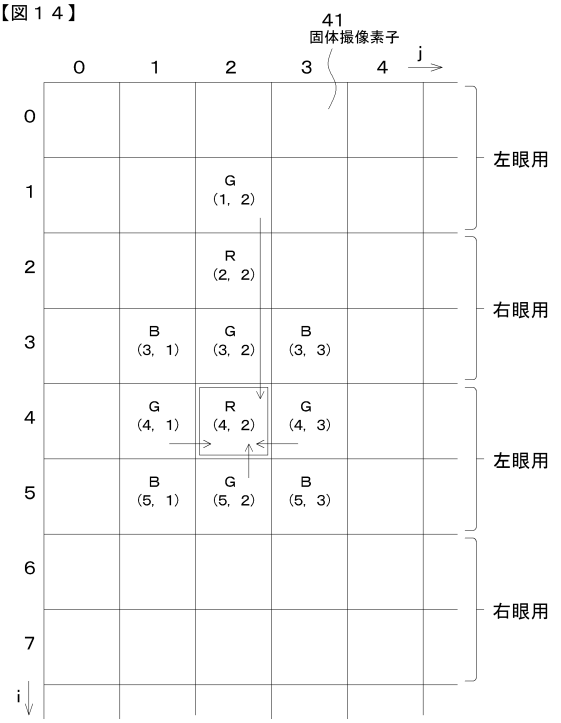
【図１３】

【図１３】



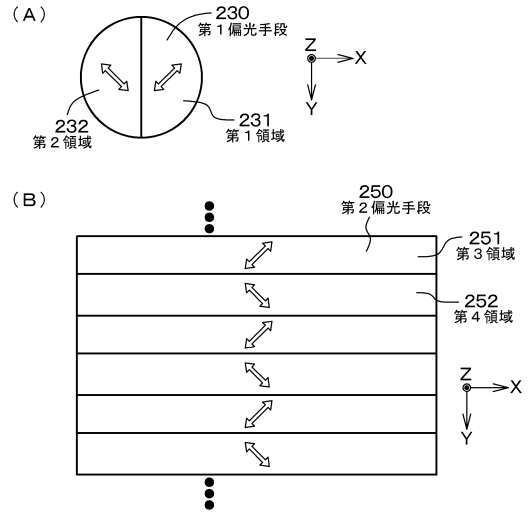
【図１４】

【図１４】



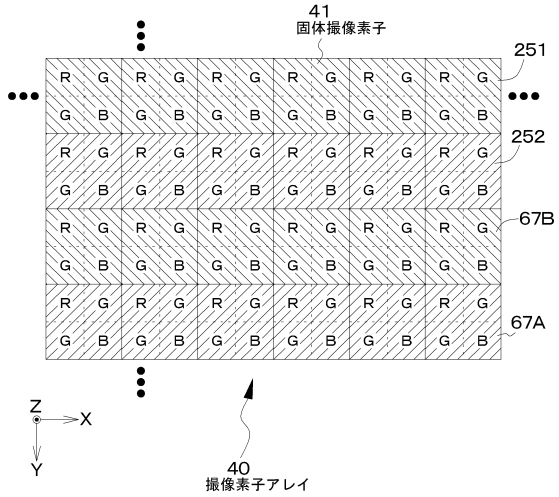
【図１５】

【図１５】［実施例６］



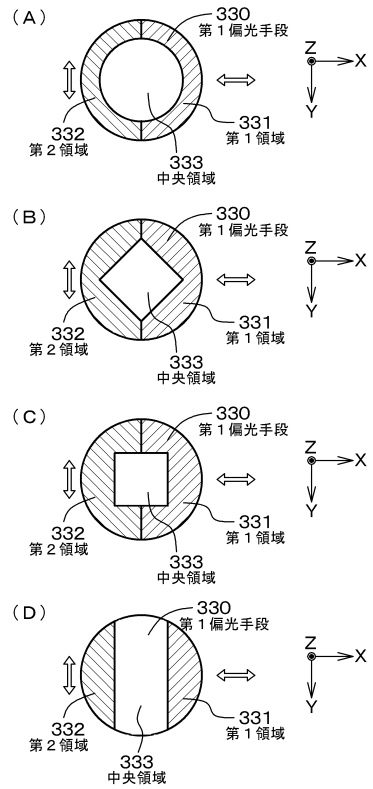
【図１６】

【図１６】



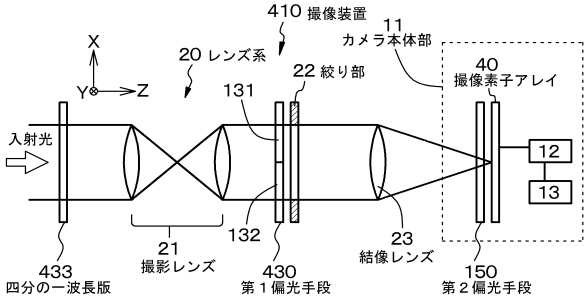
【図１７】

【図１７】［実施例７］



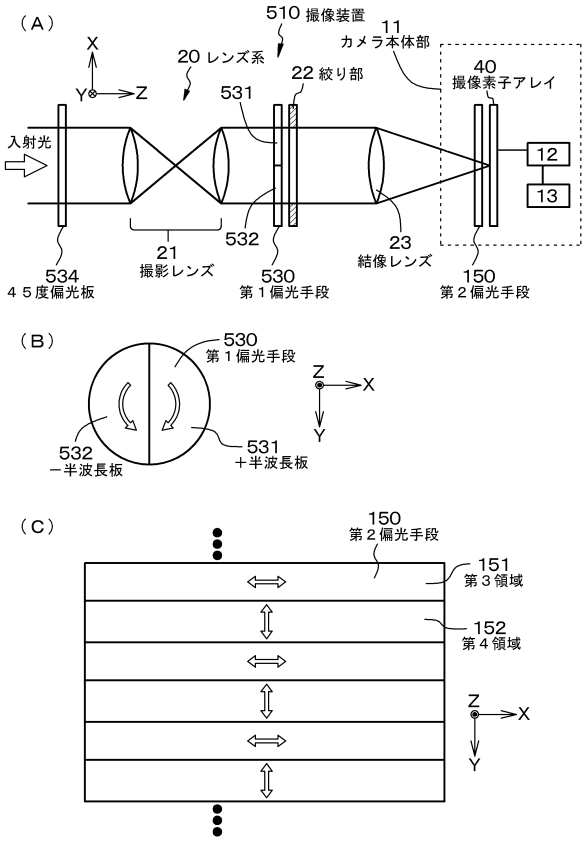
【図１８】

【図１８】［実施例８］



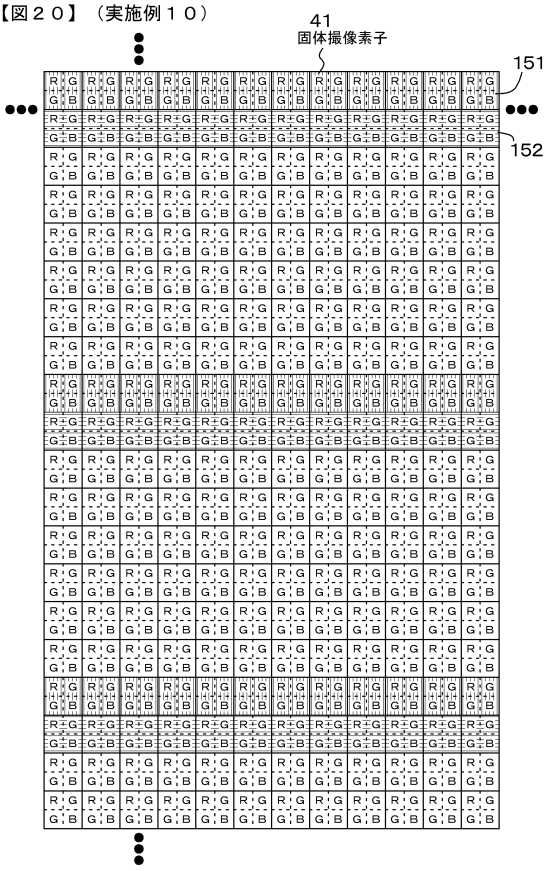
【図１９】

【図１９】［実施例９］



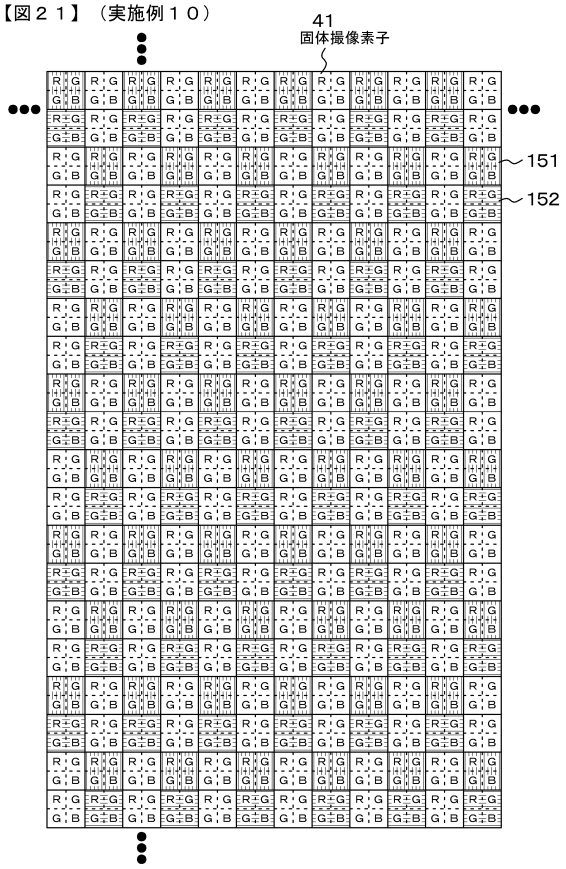
【図２０】

【図２０】（実施例１０）



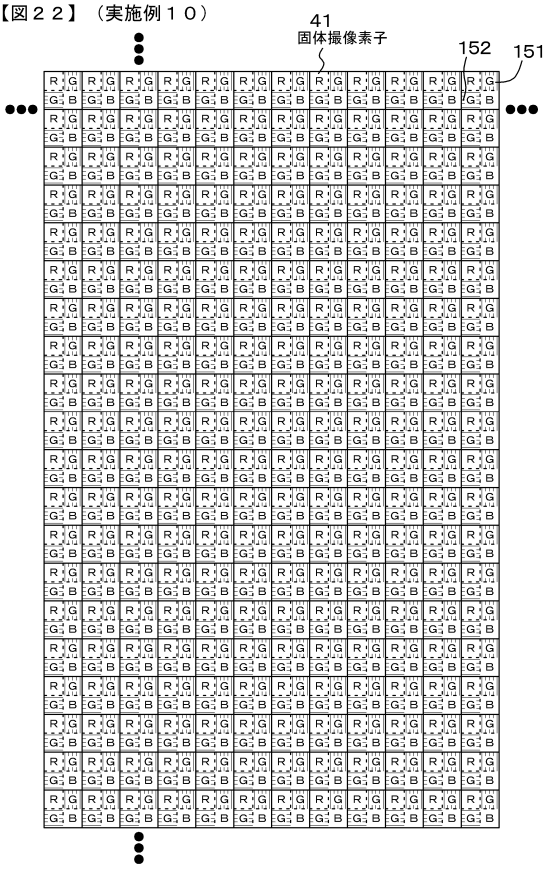
【図２１】

【図２１】（実施例１０）



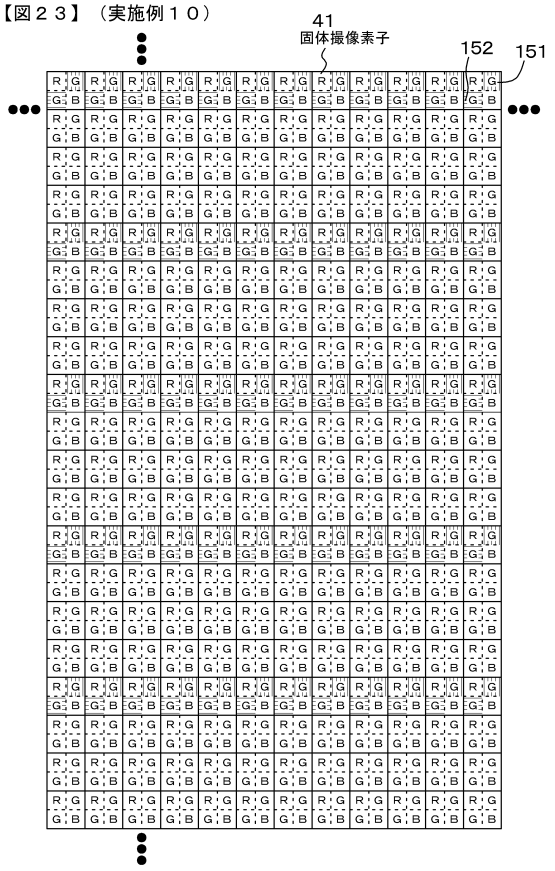
【図２２】

【図２２】（実施例１０）



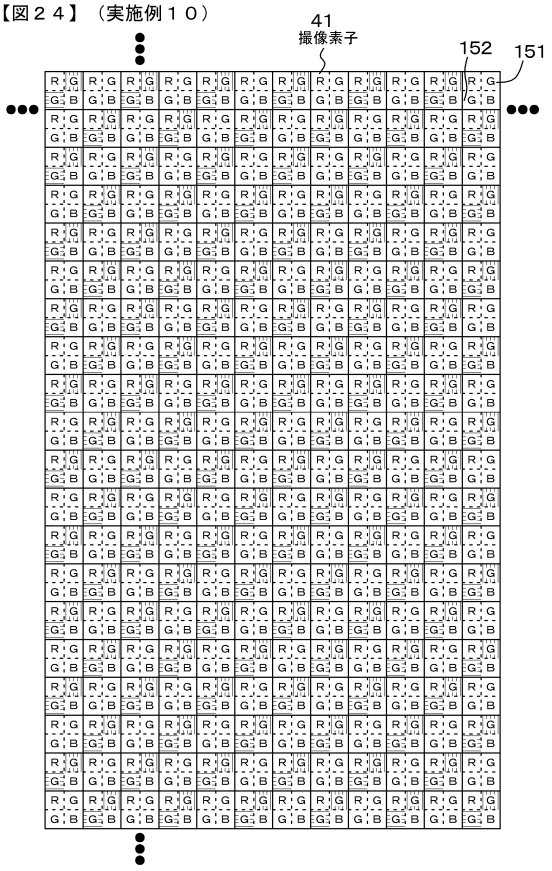
【図２３】

【図２３】（実施例１０）



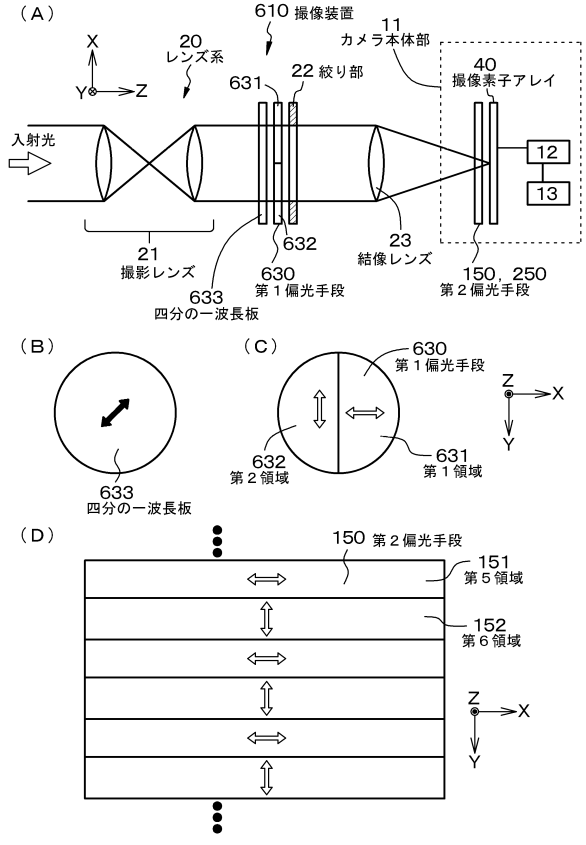
【図２４】

【図２４】（実施例１０）



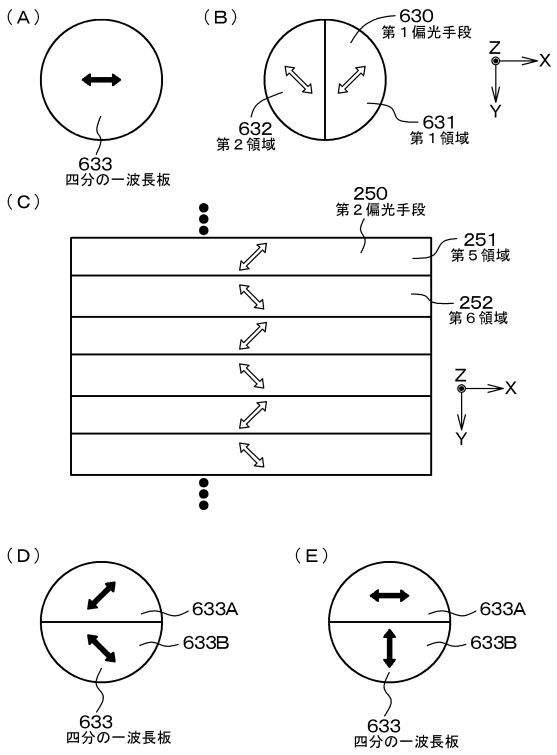
【図２５】

【図２５】［実施例１１］



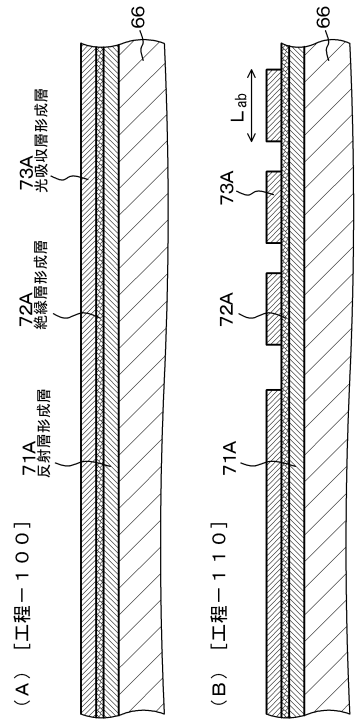
【図２６】

【図２６】



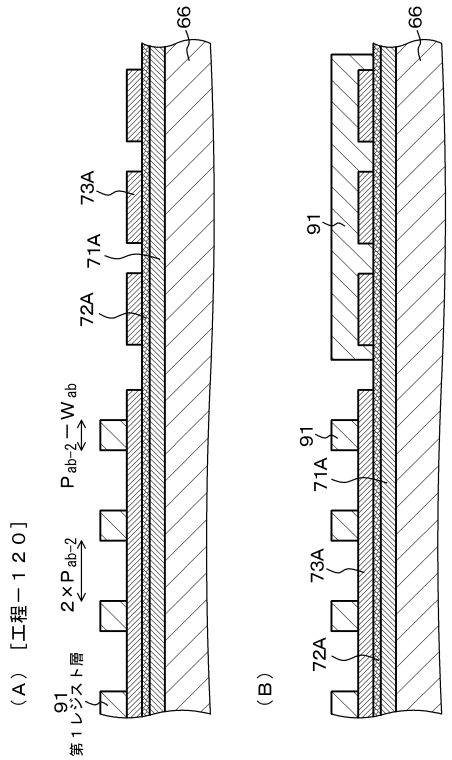
【図２７】

【図２７】



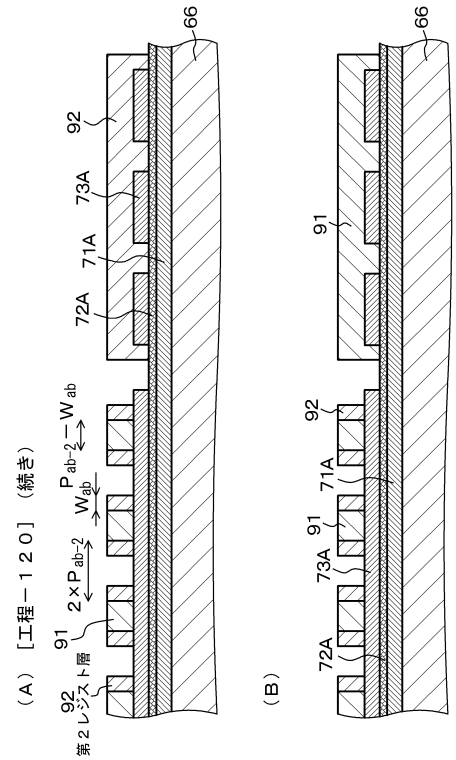
【図２８】

【図２８】



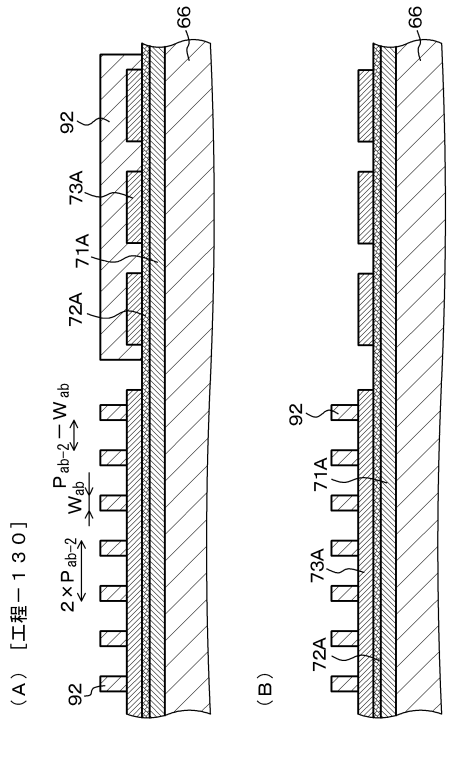
【図２９】

【図２９】



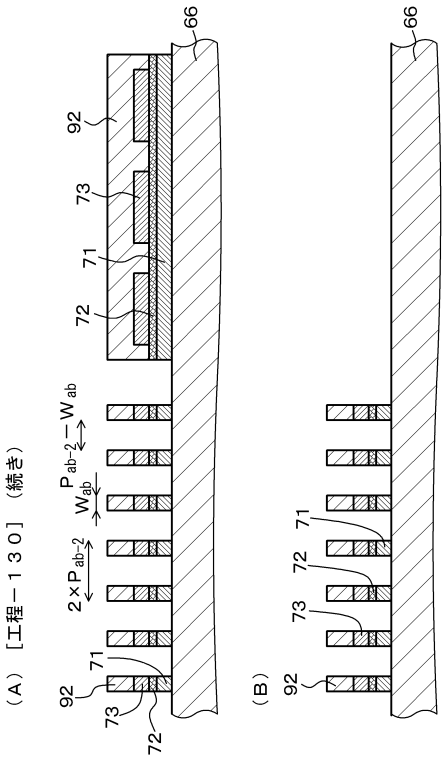
【図３０】

【図３０】



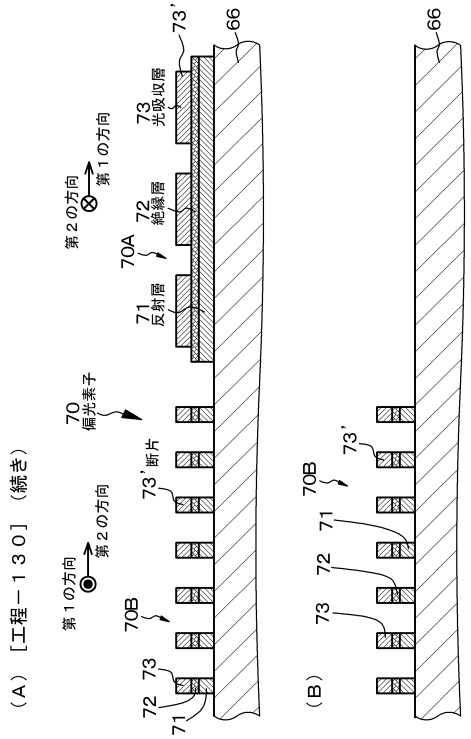
【図３１】

【図３１】



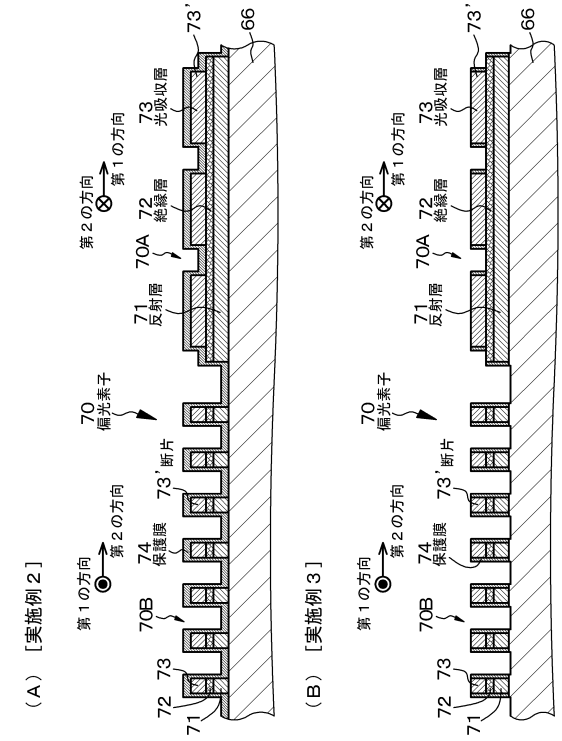
【図３２】

【図３２】



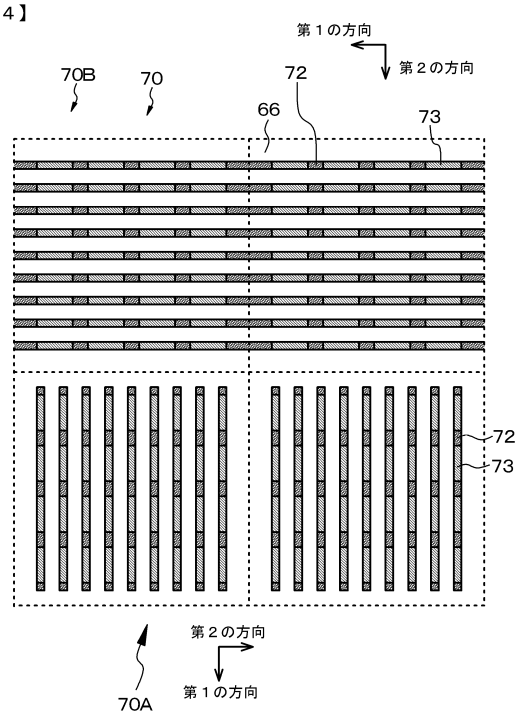
【図３３】

【図３３】



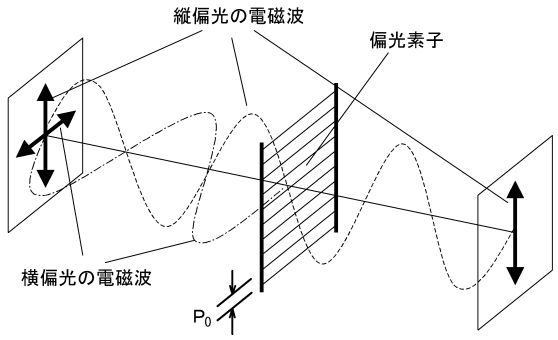
【図３４】

【図３４】



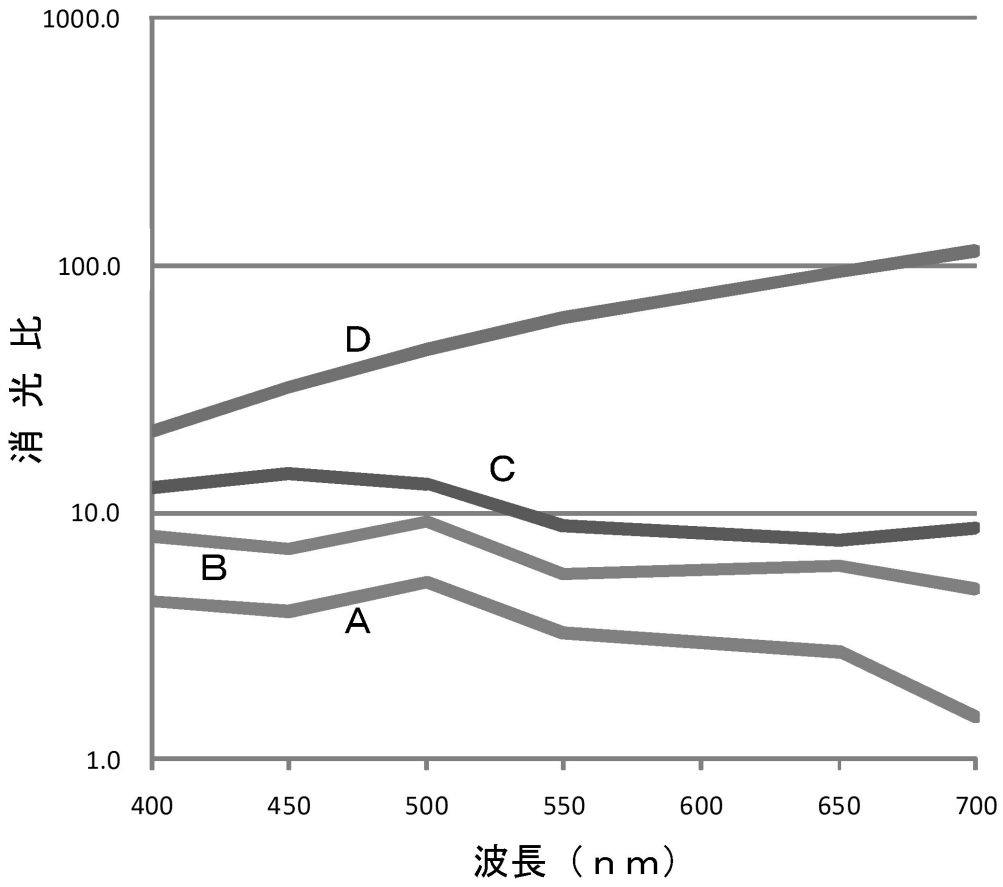
【図３５】

【図35】



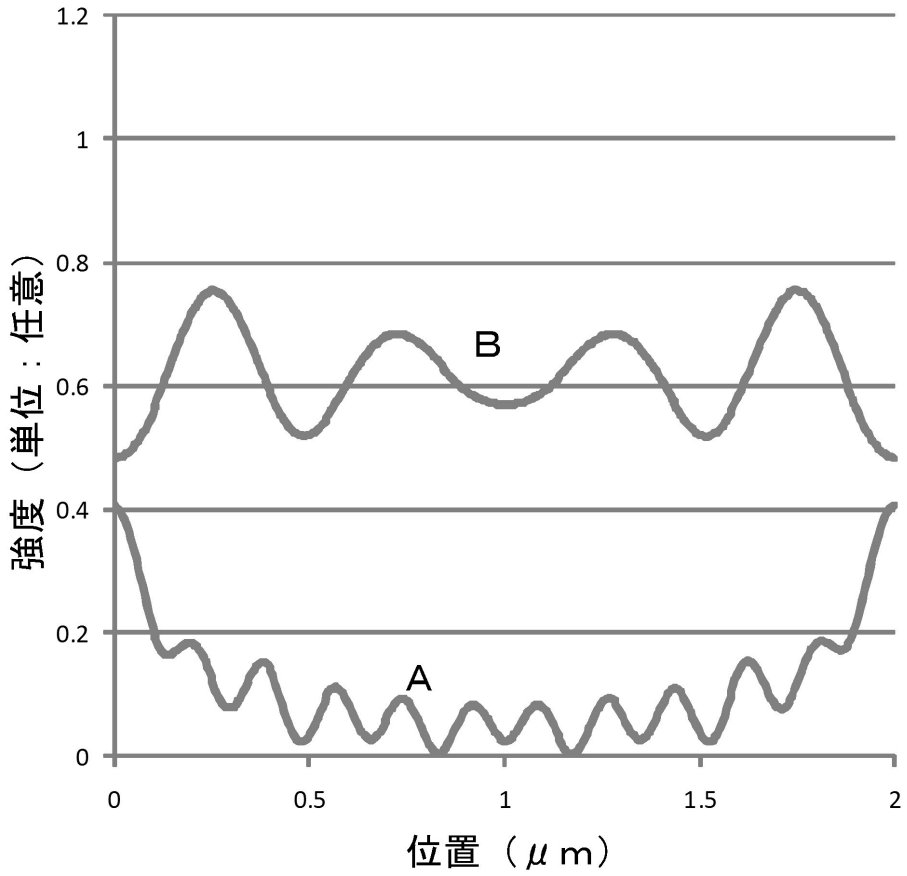
【図４】

【図４】



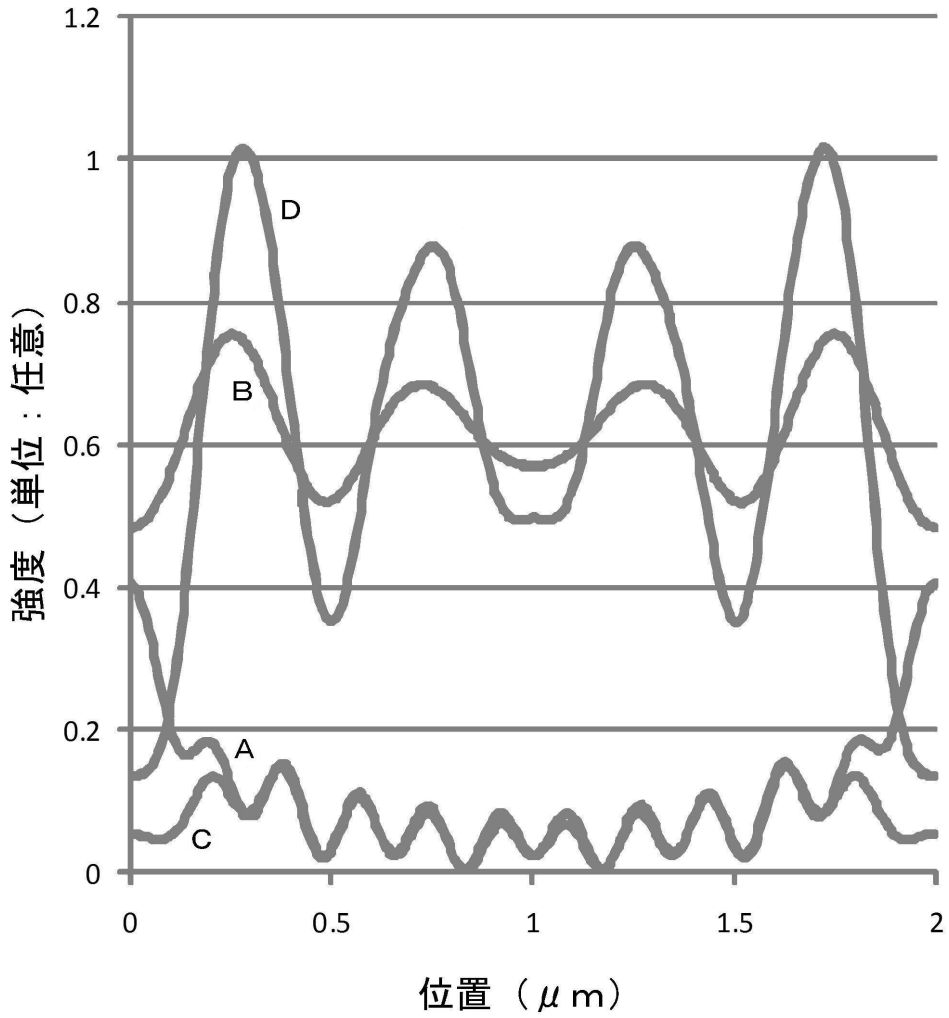
【図５】

【図５】



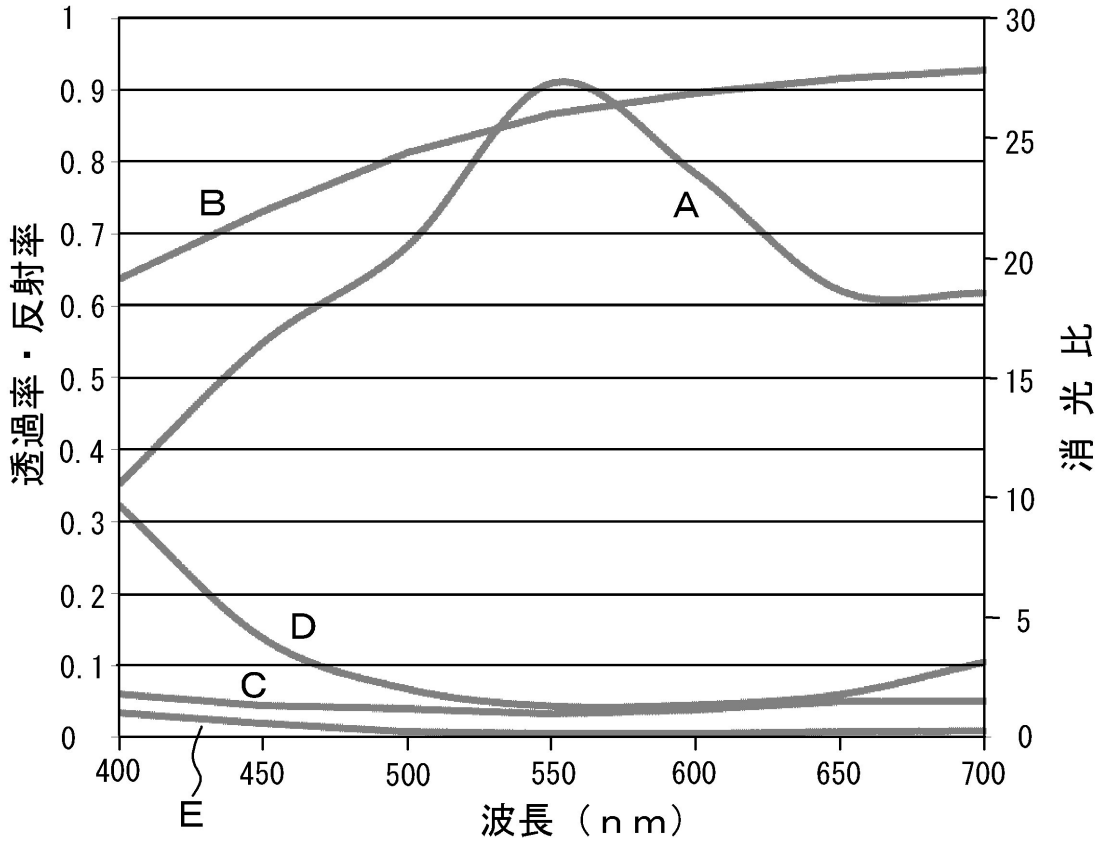
【図６】

【図６】



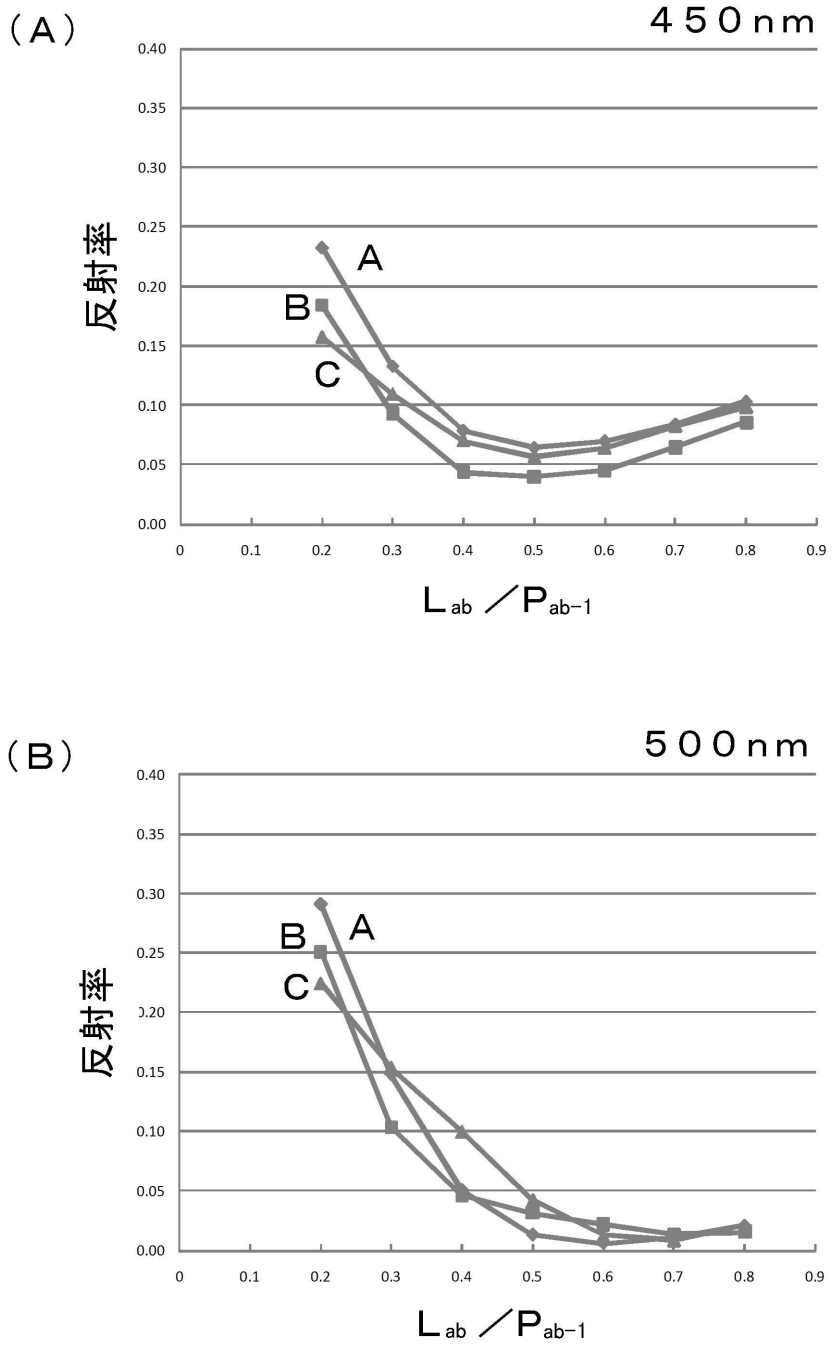
【図７】

【図７】


1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
30
25
20
15
10
5
0
400
450
500
550
600
650
700
B
A
D
C
E
透過率・反射率
消光比
波長（ｎｍ）

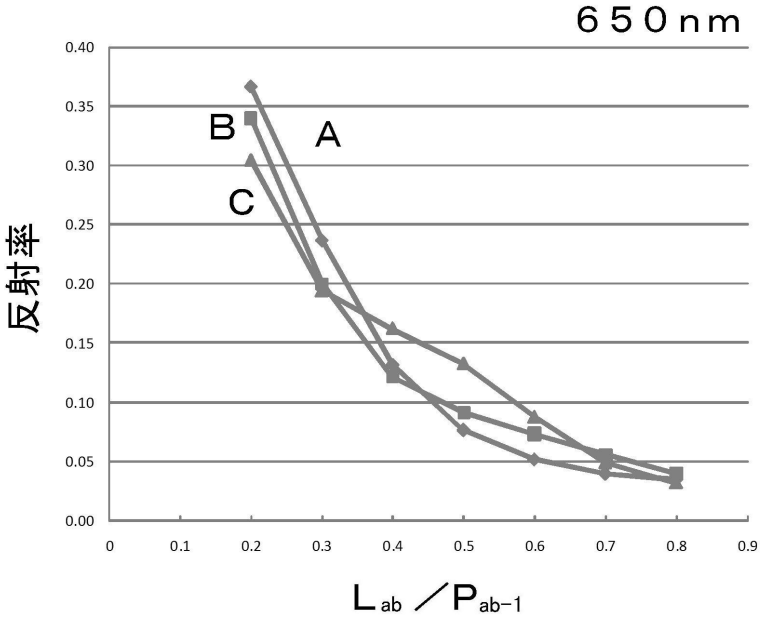
【図９】

【図９】


（Ａ）
４５０ｎｍ
反射率
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
A
B
C
Lab／Pab-1
（Ｂ）
５００ｎｍ
反射率
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
B
A
C
Lab／Pab-1

【図１０】

【図１０】


６５０ｎｍ
反射率
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
B
A
C
Lab ／Pab-1

フロントページの続き

(72)発明者　大谷　栄二
東京都港区港南１丁目７番１号　ソニー株式会社内

審査官　柴山　将隆

(56)参考文献　特開２００４－３０９８６８（ＪＰ，Ａ）
特表２０１０－５００８１１（ＪＰ，Ａ）
特開２０１１－１７６５２５（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－２１６９５６（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－０３７９００（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－２１９３４０（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ　２７／１４
Ｇ０２Ｂ　５／３０
Ｇ０２Ｂ　２７／２６
Ｇ０２Ｂ　２７／２８